



Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA

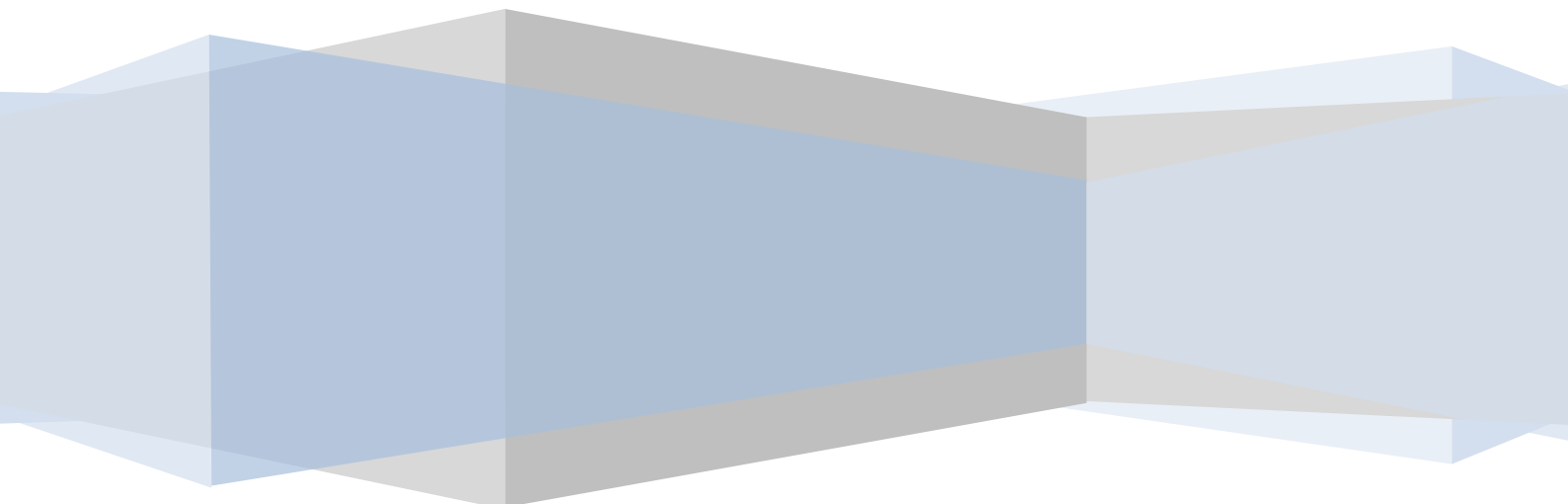
PREVENCIÓN DE LA ROTURA DEL LCAE EN
JUGADORES DE FÚTBOL AMATEURS CON EL
MÉTODO PALEOTRAINING ®

Autor del trabajo: Martin Saez Erice

Director del trabajo: Juan Luis Paredes Jiménez

Fecha: 26/05/2016

Convocatoria de la defensa: 17/05/2016



RESUMEN

Antecedentes: el Paleotraining® es un método de entrenamiento novedoso que mejora la capacidad física y funcional de los futbolistas amateurs que lo practican. Sin embargo, no se ha investigado si reduce el riesgo de padecer lesiones deportivas.

Objetivos: investigar la aplicabilidad del Paleotraining® como método de prevención del LCAE.

Metodología: se realizó un estudio experimental de corte longitudinal en hombres sanos, entre 18 y 35 años de edad (n = 17) que jugaban al fútbol de forma amateur.

Se examina el efecto de un protocolo de entrenamiento de 5 semanas en varios factores de riesgo asociados con la cinemática de la rodilla y la debilidad de la musculatura de la cadera.

Resultados: se observa un aumento significativo ($p < 0.05$) en la fuerza isométrica de los abductores y extensores de cadera de los dos miembros inferiores.

Se da un aumento significativo en los grados de flexión de las rodillas dominantes durante la realización de una tarea de tipo SLM, y no se observan diferencias significativas en los ángulos de FPPA durante la realización de una tarea de tipo SLS.

Conclusiones: A pesar del aumento significativo en la fuerza isométrica de los abductores y extensores de cadera, no se aprecia mejora en la cinemática del plano frontal de la rodilla. Sin embargo, sí que se ve una en el plano sagital, lo que sugiere un aumento en la absorción de las fuerzas articulares y en la participación mecánica de los isquiotibiales.

Palabras clave: "Paleotraining®"; "HIIT"; "LCAE"; "Prevención".

ABSTRACT

Background: the paleotraining® is a novel training method that generates improvements in physical and functional capacity of amateur soccer players who practice it. However, it has not been investigated if it is capable of reducing the risk to suffering sports injuries.

Objectives: the aim of this study is to investigate the applicability of this system as method of prevention of ACL injuries.

Methodology: there realized an experimental study of longitudinal court in healthy men between 18 and 35 years of age (n = 17) that were playing amateur football.

It goes away to examine the effect of a protocol of training of 5 weeks in several factors of risk associated with the kinematics of the knee and the weakness of the musculature of the hip.

Results: after the intervention a significant increase ($p < 0.05$) in isometric strength of the abductors and hip extensors of both lower limbs is observed.

It will be a significant increase in the degrees of flexion of the dominant knees during execution of a task type of SLM, and will not be significant differences in the FPPA of both knees while performing a task type SLS.

Conclusions: despite the significant increase in isometric strength of hip abductors and extensors, improvement is not seen in the frontal plane kinematics of the knee. However, an improvement is seen in the sagittal plane, suggesting a possible improvement in the absorption of the joint forces and in mechanical participation of the hamstrings.

Keywords: "Paleotraining®"; "HIIT"; "ACL"; "Prevention".

ÍNDICE

Página

1. Justificación del trabajo	1
2. Antecedentes.....	3
2.1 Orígenes del Paleotraining®	3
2.2 Método Paleotraining®	4
2.3 Paleotraining y HIIT	6
2.4 Paleotraining en el fútbol amateur	7
2.5 Fisiología articular de la rodilla y ligamento cruzado anteroexterno	7
2.5.1 Fisiología articular de la rodilla	7
2.5.2 Fisiología articular del ligamento cruzado anteroexterno	8
2.6 Rotura del LCAE	10
2.6.1 Características generales	10
2.6.2 Mecanismos de lesión	12
2.6.3 Factores de riesgo que predisponen a sufrir los mecanismo de lesión	14
2.7 Anatomía funcional	18
2.7.1 Músculos abductores de cadera	18
2.7.2 Músculos extensores de cadera	19
2.8 Programas de prevención de lesiones sin contacto de LCAE que tratan de reducir factores de riesgo relacionados con la cinemática de la rodilla y la debilidad de la musculatura de la cadera.	20
3. Objetivos e hipótesis.....	23
3.1 Hipótesis	23
3.2 Objetivos	23
3.2.1 Objetivos principales.	23
3.2.2 Objetivo secundario	24
4. Metodología.....	25
4.1 Diseño experimental	25
4.2 Características de los sujetos	25
4.2.1 Criterios de inclusión	25
4.2.2 Criterios de exclusión	25
4.2.3 Consentimiento informado y derecho de información	25
4.3 Pre-Test y Post-Test	26
4.3.1 Calentamiento	26
4.3.2 Estudio cinemático de rodilla y de fuerza de abductores y extensores de cadera.	26
4.3.3 Análisis de fuerza de los abductores y extensores de cadera	27
4.3.4 Test de actividades en carga para análisis cinemática de rodilla	28
4.4 Análisis estadístico	32
4.5 Planificación del entrenamiento	33
4.5.1 1ª semana	34
4.5.2 2ª semana	36
4.5.3 3ª semana	38

4.5.4 4ª semana, semana de carga	40
4.5.5 5ª semana, semana de recuperación	42
5. Resultados.....	44
5.1 Análisis descriptivo	44
5.1.1 Capacidad física	44
5.1.2 Fuerza abductores de cadera	45
5.1.3 Fuerza extensores de cadera	45
5.1.4 Grados de flexión de rodillas	46
5.1.5 Grados del FPPA de rodilla	46
5.2 Comprobación de la significancia estadística.	47
5.2.1 Capacidad física	47
5.2.2 Fuerza abductores de cadera	48
5.2.3 Fuerza extensores de cadera	48
5.2.4 Grados de flexión de rodillas	49
5.2.5 Grados del FPPA de rodillas	49
6. Discusión.....	51
6.1 Limitaciones del estudio	63
6.2 Posibles líneas futuras de investigación	64
7. Conclusiones.....	66
8. Agradecimientos.....	68
9. Referencias bibliográficas.....	69
10. Anexos.....	82
10.1 Resultados Test Paleo 1, primera semana intervención	82
10.2 Resultados Test Paleo 2, primera semana intervención	83
10.3 Resultados Test Paleo, última semana intervención	84
10.4 Asistencia de los participantes al programa de prevención	85
10.5 Resultados fuerza isométrica abductores de cadera, pre-test	86
10.6 Resultados fuerza isométrica extensores de cadera, pre-test	87
10.7 Resultados fuerza isométrica abductores de cadera, post-test	88
10.8 Resultados fuerza isométrica extensores de cadera, post-test	89
10.9 Resultados del Análisis cinemático de flexión de rodillas dominantes durante la realización de una tarea de tipo SLM, pre-test y post-test.	90
10.10 Resultados del análisis cinemático del ángulo de proyección del plano frontal de las rodillas durante la realización de una tarea de tipo SLS, pre-test	91
10.11 Resultados del análisis cinemático del ángulo de proyección del plano frontal de las rodillas durante la realización de una tarea de tipo SLS, post-test	92
10.12 Consentimiento informado	93

1. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Desde que tengo uso de razón, mi vida siempre ha estado vinculada con el ejercicio físico y con el deporte, y más concretamente con el fútbol, lo que me ha permitido interactuar y conocer a mucha gente conectada con este mundo. Hoy en día continúo practicándolo en un equipo de la Liga Primera Autonómica de Navarra, donde debido al buen ambiente con los compañeros y el entrenador, así como mis conocimientos sobre la fisioterapia, intento ayudar en todo lo que puedo tanto en el terreno de juego como en la camilla.

Gracias a mi estancia práctica en el Centro de Estudios, Investigación y Medicina del Deporte (CEIMD) y en el centro de Fisioterapia Kunap, tuve la opción de introducirme en parte de la Fisioterapia Deportiva. Por otro lado, gracias a la ayuda de mi tutor del trabajo de fin de grado fui orientando y especificando el objeto de mi trabajo.

Mi tutor fue el primero que me propuso la idea de realizar mi proyecto de final de estudios sobre el Paleotraining, ya que es un método de entrenamiento muy novedoso sobre el que apenas se ha estudiado. De hecho no se había investigado nada sobre su posible aplicación como técnica de prevención. En principio tenía pensado aplicarlo con mi equipo de fútbol para observar su impacto en las lesiones musculares, a través de la comparación de la incidencia de este tipo de trastornos entre el momento de la temporada previa a mi intervención y la posterior. Sin embargo, rápidamente abandoné esa idea debido a las dificultades en el diagnóstico sin las pruebas de imagen oportunas. Por otro lado, no me pareció correcto debido a que iba a comparar dos momentos de la temporada distintos, en los que podrían influir diferentes tipos de variables: la fatiga acumulada, las diferencias en las exigencias de la temporada, etc.

Por lo tanto, cambié la orientación de mi trabajo y teniendo en cuenta la gravedad de la lesión del ligamento cruzado anterior, decidí realizar un estudio sobre un programa de prevención de la rotura de esta estructura dirigido a futbolistas amateurs basado en el Paleotraining®. En esta decisión influyo mucho el hecho de que tengo acceso directo a un equipo de fútbol de esta categoría. Además, durante toda la temporada en todo momento he tenido el apoyo del entrenador para implementar este tipo de programas de prevención. He tenido la oportunidad de conocer a varios compañeros que han sufrido este tipo de lesión y he podido observar la gran incapacidad y los largos periodos de recuperación que genera.

Gracias a la orientación de mi tutor de prácticas en el centro Kunap, especifique más el tema y decidí medir la influencia del protocolo sobre el valgo dinámico de rodillas, que se ha identificado como un factor de riesgo para este tipo de lesión. Por otro lado, tras haberme documentado en el tema y gracias a mi estancia en el CEIMD, decidí medir también la fuerza isométrica máxima voluntaria de los abductores y extensores de cadera, ya que la debilidad de esta musculatura también se ha identificado como factor

de riesgo. Esto lo logre gracias a la ayuda de mi tutora del CEIMD, que además de facilitarme bibliografía puso a mi disposición un dinamómetro manual para que pudiese llevar a cabo las mediciones que fuesen necesarias para llevar a cabo es estudio empírico.

2. ANTECEDENTES

Antes de profundizar en temas que están más relacionados con mi trabajo voy a realizar una aproximación a la historia evolutiva de nuestra especie para comprender los fundamentos originarios del método de entrenamiento Paleotraining®. Posteriormente describiré este sistema de entrenamiento y su relación con los HIIT (High Intensity Interval Training). Por otro lado, presentaré la fisiología articular de la rodilla y del ligamento cruzado anteroexterno, para posteriormente centrarme en la rotura de esta última estructura, en la estabilidad funcional de la rodilla y en los métodos de prevención de esta lesión.

2.1 Orígenes del Paleotraining®

El periodo paleolítico se extiende desde hace 2 millones de años hasta hace 10000 años aproximadamente, cuando se desarrolla la agricultura y la ganadería en Mesopotamia que da paso al Neolito. Con el inicio del paleolítico surge el primer Homo, el "Homo Habilis", que se caracteriza porque empieza a utilizar la piedra como herramienta. Este cambio les da la posibilidad de romper los cráneos y huesos de sus presas e introducir en su alimentación la grasa del tuétano y cerebro, lo que según la hipótesis del tejido caro supone un cambio clave, ya que permitió el desarrollo de nuestro cerebro y de nuestra inteligencia de forma paralela. Esto se explica porque a diferencia de los chimpancés, con los que compartimos un ancestro común, el Australopitecos, la falta de acceso a estos nuevos condujo al desarrollo de un intestino grueso mucho más largo capaz de digerir alimentos imposibles para el nuestro. Por lo tanto, los Homo pudieron destinar menos energía a la digestión, y destinaron el superávit al crecimiento del cerebro (1).

Los autores de la filosofía paleo defienden que el modelo de actividad física humana no se estableció ni en los gimnasios ni en los laboratorios de fisiología humana, sino que fue producto de la acción de la selección natural. Hemos vivido en un entorno de cazadores recolectores durante el 95% del tiempo de nuestra especie y estudios genéticos muestran que nuestro genoma apenas ha cambiado con respecto al que se desarrolló durante esta época en los primeros Homo. Parece que fue el estrés ocupacional y ambiental sufrido durante este periodo el que moduló el código genético (1)(2)(3)(4)(5).

El movimiento les permitió sobrevivir y parece que nos ha acompañado desde nuestros orígenes(1)(2)(4). Existen estudios que demuestran que poblaciones de Homo Sapiens en África llegaban a realizar entre 12-13 km caminando y 2-3 km de sprint cada día. A partir de esta necesidad se van a desarrollar los músculos: grandes músculos en los miembros inferiores, dorsales y abdominales (1)(2). Durante este periodo se van a desarrollar una serie de adaptaciones que les van a hacer más eficientes para la carrera: el arco plantar (tiene mucha importancia ya que va permitir la amortiguación de gran parte del impacto durante la carrera), largos tendones en los miembros inferiores,

células musculares de contracción lenta (fibras que se caracterizan por ser resistentes), glúteo mayor de gran tamaño (es uno de los músculos más importantes en la fase de impulsión de la carrera), glándulas sudoríparas, pérdida de vello corporal, la forma elongada del cuerpo (estas tres últimas son adaptaciones que nos permiten disipar el calor corporal de forma más eficiente) y la respiración bucal (6)(7)(8).

La asociación entre supervivencia y movimiento que se mantuvo durante la mayor parte de nuestra historia evolutiva, parece que ha provocado que hoy en día nuestra salud dependa de este último. Parece que dependiendo de la actividad física que realizamos, los genes se van a expresar de una o de otra manera, lo que podría influir en la aparición de enfermedades crónicas como la Hipertensión arterial o la diabetes (2)(1)(4). Debido a que en la sociedad cazadora-recolectora el éxito en la búsqueda de alimentos no estaba asegurado parece ser que nuestros antepasados sufrían periodos de abundancia junto con periodos de escasez, lo que les condujo al desarrollo de un genotipo ahorrador que les permitió aumentar sus probabilidades de supervivencia. Sin embargo, debido al estilo de vida actual, este mismo genotipo podría tener consecuencias patológicas y parece que conduce al incremento en la probabilidad de sufrir hasta 35 enfermedades (4). Actualmente el centro de Prevención y control de enfermedades estima que el 33% de la población que nació en EEUU en el año 2000 desarrollará diabetes durante su vida, y teniendo en cuenta que el código genético a penas ha variado se puede decir que podría ser debido a la influencia del entorno en los genes susceptibles de desarrollar este trastorno (4)(5).

En la actualidad vivimos en un ambiente de abundancia máxima y sedentarismo que nos ha distanciado de aquellos estímulos primarios para los que se desarrolló nuestro código genético, lo que ha generado una desmusculación. Esta última no solo genera una pérdida de rendimiento, sino que va alterar también las funciones vitales, ya que el sistema musculoesquelético no solo cumple funciones relacionadas con el movimiento, sino que también participa en otras como en la resolución de la inflamación o en el apoyo al sistema inmunitario (2). Como hemos comentado, parece ser que existen genes que se van a expresar de diferente manera según estemos en un entorno de actividad física o sedentarismo, conduciendo a diversos trastornos. Por lo que parece que si introducimos los genes en un entorno de actividad física, se podrían prevenir o retrasar estos procesos adversos (4).

2.2 Método Paleotraining®

El Paleotraining® es un método de entrenamientos que se basa en los movimientos que realizaba el "Homo Sapiens" en su vida cotidiana para sobrevivir, donde el cuerpo y el entorno van a ser los elementos utilizados durante los entrenamientos.

Los autores del método aseguran que a partir de este se estimulan las 12 capacidades físicas funcionales del ser humano: Coordinación, Fuerza Máxima, Agilidad, Potencia,

Capacidad aeróbica, Velocidad, Fuerza-Resistencia, Capacidad anaeróbica, Equilibrio, Precisión, Reacción y Flexibilidad.

Este método tiene 5 principios fundamentales (2):

1. Funcionalidad:

Los ejercicios se organizan en base a 15 funciones motrices, que son patrones motores anclados a nuestros genes, por lo que el entrenamiento combina una serie de funciones humanas. Estas 15 funciones son: saltar, empujar, elevar, traccionar, lanzar, caminar, ascender, cargar, estabilizar, reptar, desplazarse, levantarse, sentarse, girar y escalar (2).

2. Intensidad:

Las sesiones se caracterizan por ser intensas y cortas, no suelen durar más de 25 minutos (2). Esto supone una ventaja frente al ejercicio moderado continuo, ya que este último suele ser más duradero y se ha comprobado que la falta de tiempo es una de las principales barreras que conduce a que la mayor parte de la población de los EEUU no cumpla las recomendaciones sobre ejercicio físico (150 minutos de actividad física moderada o 75 minutos de actividad física severa a la semana (9)(10)(11) (12)(13)(14).

3. Variabilidad:

Se distinguen hasta 128 ejercicios y 27 tipos de entrenamiento diferentes, por lo que nos da la posibilidad de desarrollar muchas combinaciones distintas evitando de esta manera la adaptación a estímulos y la pérdida de rendimiento (2).

4. Ayuno estratégico y nutrición adecuada:

Desde el punto de vista de la filosofía paleo, también se recomienda realizar una intervención nutricional para la recuperación del estado de salud y físico óptimo.

Ellos recomiendan el ayuno estratégico, ya que defienden que a partir de este se estimula de forma correcta los sistemas energéticos y los sistemas de recompensa. Consiste en realizar el ejercicio en una situación de ayuno relativo, mínimo después de haber estado 4 horas con el estómago vacío. En cuanto a los sistemas energéticos, los autores de esta disciplina defienden que si realizamos el movimiento en situación de carencia energética se desarrollan estrategias metabólicas basadas en la combustión de grasas almacenadas. En cuanto a los sistemas de la recompensa, declaran que debido a que la capacidad física del ser humano se desarrolló como herramienta para procurarnos comida, en ayuno todo nuestro metabolismo se pone en marcha para favorecer el movimiento y el

SNC recompensa este proceso con neurotransmisores de felicidad. Sin embargo, existen algunas excepciones: en el caso de que se vaya a realizar una competición de alto nivel, se vaya a realizar un entrenamiento muy duradero (de más de 1 hora y media) o no estemos habituados a realizarlo, no lo recomiendan. En este último, se recomienda la realización de un periodo de habituación en el que se reduce la intensidad de los entrenamientos y se disminuye progresivamente la cantidad de comida ingerida.

Por otro lado, también recomiendan el seguimiento de la paleodieta, que consiste en tratar de imitar lo máximo posible el patrón alimenticio que el ser humano ha tenido durante la mayor parte de su historia evolutiva. Los autores defienden que esta forma de comer proporciona tres pilares básicos para nuestra salud: normoglucemia, equilibrio en el ph y antiinflamación (1)(2).

5. Biomecánica:

Los autores también proponen que su método es muy útil para neutralizar la pérdida universal de la extensión corporal que se da a nivel de la columna cervico-dorsal y lumbar, y deriva de la postura en flexión mantenida del sedentarismo (2).

En resumen un sistema funcional, divertido y eficaz, a través de sesiones breves pero intensas, sin la necesidad de ir a un gimnasio con todo lo que conlleva. En definitiva, realizar el movimiento más coherente para el cuerpo con el objetivo de recuperar el estado de salud y físico óptimo (2).

2.3 Paleotraining® y HIIT

El Paleotraining® está basado en el entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) (2). Este último se caracteriza por ejercicios breves pero intensos (se suele alcanzar una intensidad entre el 85-95% de la FC max. o del Vo2 max.) organizados en intervalos de trabajo que van a estar separados por periodos de reposo pasivo o activo. Este sistema podría servir como alternativa al entrenamiento de resistencia tradicional, generando una serie de adaptaciones fisiológicas similares, tanto en parámetros de rendimiento como de salud a las que se dan tras el primero, a pesar del menor tiempo empleado (15)(16)(11).

Existe evidencia de que es capaz incluso de generar adaptaciones mayores que el ejercicio continuo de moderada intensidad (ECMI) en algunos parámetros de salud (11), como en la función endotelial y en el VO2 max. en pacientes con insuficiencia cardiaca (17) o en el Vo2 max. en sujetos con síndrome metabólico (18).

Desde la perspectiva de la salud pública estos resultados son muy interesantes ya que la falta de tiempo es una de las principales barreras percibidas para la participación en actividad física de forma regular (12)(13)(14). Además existe evidencia que sugiere que este sistema es más divertido y motivante que el ejercicio continuo de moderada

intensidad (19). En un estudio realizado con pacientes con insuficiencia cardiaca, los sujetos no solo toleran bien los ejercicios sino que prefieren los HIIT antes que el ECMI, y perciben el entrenamiento continuo como aburrido (17). Por lo tanto, parece que los HIIT podrían ayudar a que los individuos que realizan actividad física insuficiente superen la mayor barrera: la falta de tiempo.

2.4 Paleotraining® en el fútbol amateur

En cuanto a la adaptación de este sistema de entrenamiento al fútbol amateur, hay que decir que apenas encontramos estudios sobre el tema.

Existe un trabajo de fin de grado que estudia esta adaptabilidad entre otras cuestiones, y observa que es posible. Por otro lado, también analiza si tras 4 semanas de entrenamiento se da una mejora en la capacidad física (medida a través del Test Paleo 1 y Test Paleo 2) y en la capacidad funcional (medidos a través del Star Excursion Balance Test y Hop Test) en 8 jugadores de fútbol amateur. Para ello, van a pasar los anteriores test antes y después de la implantación del programa, y observan que se da una mejora en la puntuación del estado físico y funcional de todos los participantes. Durante la intervención se van a llevar a cabo 4 entrenamientos principales y 3 entrenamientos secundarios a la semana, en los que se sigue una progresión en la carga hasta la cuarta semana, cuando se da la semana de regeneración. Es importante diferenciar entre los sujetos que completan todas las sesiones y los que no las completan, dado que se observan diferencias en los resultados. Por lo tanto, es importante realizar un seguimiento exhaustivo del entrenamiento debido a su mayor eficacia en los resultados finales.

Los autores del trabajo señalan como una posible línea de investigación futura observar cómo afecta la intervención en el rendimiento durante las actividades específicas y competitivas. También proponen el análisis de la reducción en el riesgo de padecer lesiones deportivas al practicar dicho método (20).

2.5 Fisiología articular de la rodilla y del ligamento cruzado anteroexterno

2.5.1 Fisiología articular de la rodilla

La articulación de la rodilla es una única articulación anatómica que presenta dos articulaciones funcionales: la articulación femorotibial y la femoropatelar. La primera es una articulación de tipo troclear, que se forma entre las superficies articulares convexas de los cóndilos femorales y las superficies tibiales que son cóncavas. Posee 2 grados de libertad: la flexoextensión, sobre el eje transversal, y la rotación sobre el eje longitudinal, que solo aparece cuando la rodilla está flexionada. Los movimientos en el plano frontal no suponen un tercer grado de movilidad, aunque con la rodilla en flexión, debido a la holgura de los ligamentos colaterales, sí que son posibles leves movimientos de lateralidad.

El eje longitudinal de la diáfisis femoral no está situado exactamente en la prolongación del eje del esqueleto de la pantorrilla y forma con este, un ángulo obtuso abierto hacia afuera, de 170-175º, que se denomina valgus fisiológico de la rodilla. Cuando hay una inversión del citado ángulo se trata de un genu varum. Por el contrario, el genu valgum corresponde con el cierre del ángulo del valgus fisiológico por debajo de 170º. En la mayoría de las ocasiones las desviaciones son bilaterales y parecidas, pero no necesariamente simétricas. Cuanto más acentuado es el valgo, más se necesita el sistema ligamentoso interno que se opone a la apertura de la interlínea articular interna, y cuanto mayor sea el genu varum, más se necesitaraá el sistema ligamentoso externo.

El eje mecánico del MMII, que está formado por la línea que pasa por los centros articulares del tobillo, rodilla y cadera, forma un ángulo de 6º con el eje femoral y se continua con el eje de la pierna a nivel de la pantorrilla. El hecho de que las caderas estén más separadas que los tobillos hace que el eje mecánico se dirija hacia abajo y hacia adentro, formando un ángulo de 3º con la vertical. Cuanto mayor es la anchura de las caderas, mayor será la amplitud de dicho ángulo.

Durante los movimientos de flexo-extensión, los cóndilos ruedan y se deslizan al mismo tiempo sobre la superficie tibial. Es la única manera en la que puede dar un flexión máxima de rodilla al mismo tiempo que se evita la luxación posterior de la misma. Durante los movimientos de rotación, cuando se da la externa, el cóndilo externo del fémur avanza sobre la glenoides del mismo lado de la tibia, mientras que el cóndilo interno realiza lo contrario. Cuando se da una rotación interna sucede el fenómeno inverso.

Desde el punto de vista mecánico, la rodilla es un caso sorprendente, ya que de forma simultánea hacen falta dos cualidades contradictorias: poseer una gran estabilidad en extensión máxima y adquirir una gran movilidad a partir de ciertos grados de flexión. La estabilidad depende de potentes ligamentos: los ligamentos cruzados y los laterales (21):

- Ligamentos Cruzados (LC): son el ligamento cruzado anteroexterno (LCAE) y el posterointerno (LCPI), y se encargan de la estabilidad anteroposterior de la rodilla. También participan en la estabilidad rotatoria de la rodilla.
- Ligamentos Laterales: son el ligamento colateral interno y externo, y garantizan la estabilidad lateral de la rodilla en extensión junto con los estabilizadores dinámicos (21)(22).

2.5.2 Fisiología articular del ligamento cruzado anteroexterno

El LCAE se inserta en la superficie preespinal de la tibia, entre la inserción del cuerno anterior del menisco interno y externo. Su trayecto es oblicuo, y se dirige hacia arriba, hacia posterior y hacia afuera para insertarse en la cara axial del cóndilo femoral externo. Tiene tres haces y en conjunto se muestra torcido sobre sí mismo:

- Haz Intermedio.
- Haz anterointerno: Es el primero que se localiza, el más largo y el más expuesto a los traumatismos.
- Haz posteroexterno: Suele resistir a las roturas parciales.

Respeto a la inclinación del LCAE durante el paso de extensión a flexión máxima, hay que decir que éste durante la extensión se muestra más vertical que el LCPI. Sin embargo, con la flexión máxima, este último adquiere una posición mucho más vertical. Partiendo de la posición de extensión, con una mínima flexión de 30º, el LCAE tiende a horizontalizarse, y con 60º continúa esta tendencia, ya que la inserción femoral del LCAE desciende. A partir del momento en el que la flexión se acentúa a 90º y luego a 120º, el LCAE se va tensar un poco (las fibras anterointernas) mientras que el LCPI lo hará mucho más. No obstante, el ligamento más tenso durante la hiperextensión va ser el LCAE, ya que todas sus fibras estarán tensas en esta posición (estarán algo más tensas las fibras posteroexternas)

Entre las funciones que tiene el LCAE destaca su papel en el deslizamiento de los cóndilos femorales sobre las glenoides tibiales. Como ya sabemos, estos se mueven a través de una combinación de rodadura y deslizamiento, y junto a factores musculares participa en el deslizamiento anterior de los cóndilos femorales, que se da cuando se pasa de una extensión a una flexión de la articulación femorotibial. Este deslizamiento anterior también se favorece por la musculatura isquiosural que tira de la meseta tibial hacia posterior. Por otro lado, el LCPI induce el deslizamiento posterior de los cóndilos femorales que se da cuando pasamos de una flexión a una extensión. En este proceso también participa el cuádriceps que tira de la meseta tibial hacia adelante.

Otra de las funciones importantes del LCAE es oponerse a la subluxación anterior de la meseta tibial, actúa como freno primario en la traslación anterior de esta, y recibe el 85% de las fuerzas de cajón anterior aplicadas sobre la misma. También participa en la estabilidad rotatoria de la rodilla en extensión, durante la rotación interna de la tibia. Durante la rotación neutra los LC son paralelos en el plano horizontal, mientras que durante la interna se enrollan a través de su cara axial y se tensan mutuamente bloqueándola. Sin embargo, durante este movimiento, disminuye la tensión de los ligamentos colaterales ya que se reduce su oblicuidad. Por otro lado, durante la rotación externa, en el plano frontal, vamos a ver que los LC son más paralelos, mientras que en el plano horizontal vemos que decrece su contacto. Por otro lado, aumenta la oblicuidad de los ligamentos colaterales. Por lo tanto, parece que la rotación externa está limitada por estos últimos y no por los LC (21)(22)(23).

2.6 Rotura de LCAE

2.6.1 Características generales

Epidemiología

Las roturas de LCAE es una lesión deportiva común y tiene una influencia devastadora en el nivel de actividad y calidad de vida. Gottob et al(24), estimo que anualmente en EEUU se llevan a cabo 175000 intervenciones quirúrgicas de reconstrucción con un coste estimado de alrededor de 2 billones de \$. Por otro lado, se estima que en EEUU hay 25000 trastornos de LCAE anualmente (23)(25)(26)(24). Parece que es una lesión que está en auge: mientras que en el año 1996 se dieron 15000 reconstrucciones de éste en Francia, en el 2010 se dieron 35000. Por otro lado, teniendo en cuenta que el 90% se dieron durante la accidentes deportivos, podemos decir que suele ocurrir en personas jóvenes y deportistas (22)(23).

Entre los años 2006-2009, con una participación del 97%, todos los hospitales de Noruega realizaron un registro de las reconstrucciones de LCAE. En cuanto a las diferencias en la incidencia entre los diferentes grupos de edad, parece que no es una lesión común en las personas menores de 14 años. En el grupo de edad entre 10 y 19 años, si solo se tienen en cuenta los hombres, se dieron 47 intervenciones por cada 100000. El grupo que mayor riesgo presenta es el que se extiende desde los 16 hasta los 39 años (85 intervenciones por cada 100000 ciudadanos). Sin embargo, estos valores infraestiman el número real de lesiones, ya que no tienen en cuenta los que no se han tratado quirúrgicamente (27)(23).

Tras realizar un registro de las lesiones de LCAE durante 5 años en jugadores/as universitarios/as de fútbol y baloncesto, se vio que los hombres futbolistas tenían una incidencia de lesión de 0,13 por cada 1000 exposiciones. Cada entrenamiento o competición fue contabilizada como 1 exposición. Esta incidencia fue menor en comparación con las mujeres futbolistas que mostraron una incidencia de 0,31 por cada 1000 exposiciones (28)(25).

Impacto económico

La carga fiscal de este tipo de lesiones es muy grande, teniendo en cuenta los costes de las pruebas de imagen, de la cirugía de reconstrucción, de la estancia hospitalaria postoperatoria o de la rehabilitación, por lo que se han convertido en un problema de salud pública. Aunque aproximadamente se gastan 100 millones de \$ en desarrollar estrategias de prevención en los EEUU, es insuficiente teniendo en cuenta el coste de esta lesión para la sociedad (25)(29)(30)(31).

Consecuencias para la salud

Su ruptura genera inestabilidad funcional, produce laxitud clínica y una degradación progresiva de las estructuras articulares (22)(23)(26)(31)(25). Los atletas que la sufren son hasta 10 veces más susceptibles de padecer osteoartritis degenerativa temprana

(ODT). Una revisión sistemática que evaluaba los efectos a largo plazo de esta lesión, concluye que las tasas de ODT son de más del 50% en los siguientes 10-20 años después de padecerla (32)(23). Además tiene un gran impacto psicológico, principalmente en los atletas de alto nivel, debido a la pérdida en la participación deportiva o a la pérdida de fondos de las becas académicas entre otras causas. Se ha estimado que como norma general los atletas pierden en torno a 6-9 meses de competición. Se ha visto además que genera unos efectos devastadores en el rendimiento académico, ya que, como hemos comentado antes la mayor incidencia se da en gente joven que en la mayoría de los casos estará estudiando (29)(25)(31)(23). Además los índices de recaída tras la reconstrucción son altas y suelen experimentar dolor en la rodilla incluso después de la reparación quirúrgica y la rehabilitación, que puede limitarles para la futura participación en actividades deportivas (30)(31)(23)(25).

Diferencias de género

Las mujeres tienen mayor índice de lesión de LCAE comparando con los hombres (25)(23)(33)(30)(34). El riesgo de lesionarse incrementa a partir de los 12-13 años para las mujeres y a partir de los 14-15 años para los hombres. Las atletas femeninas entre 15 y 20 años son las que mayor tasa de incidencia tienen (23). En general ellas tienen una tasa mayor comparándolas con los hombres: entre 2-10 veces (25). Las diferencias entre géneros aparecen alrededor de la pubertad. Sin embargo, ellos también tienen el pico en el número de lesiones en esta época. Comparando con los hombres, ellas suelen tener más tendencia a la reparación quirúrgica del LCAE y al abandono deportivo (35)(36)(23).

Se ha aceptado que las mujeres tienen patrones de movimiento diferentes a los hombres. Un estudio que examinaba el rol de la dominancia de la pierna en el riesgo de lesión de LCAE sin contacto en los jugadores de fútbol observó que las mujeres tienden a lesionarse la pierna de soporte mientras que los hombres la de golpeo (37). Esto último podría ocurrir, entre otros factores, debido a la debilidad de los músculos de la cadera y al déficit en el control neuromuscular, que les genera una biomecánica defectuosa a nivel de los miembros inferiores (38)(33)(34). Se ha visto que comparándolas con ellos, ellas presentan menores valores de fuerza en los músculos de la cadera y tobillo, incluso cuando los resultados son normalizados por peso y altura (39)(40)(33)(34). En un estudio que comparaba la fuerza de los abductores y extensores de cadera de forma isocinética entre corredores/as universitarios/as, se vio que los hombres presentaban mayores valores (41). Por otro lado, se ha visto que es más frecuente que las mujeres presenten una alineación en el plano frontal de rodilla en valgo durante tareas como el aterrizaje, el pivotaje o la carrera (42)(33)(34)(43)(44)(45)(45). Esto se ha confirmado en una revisión reciente que informa que las mujeres aterrizan con un mayor valgo dinámico de rodillas bajo diferentes condiciones de aterrizaje (46). También se ha visto que aquellos corredores que presentan menor fuerza en los abductores y extensores de cadera son los que exhiben mayores movimientos en el plano frontal y transversal, por

lo que podría haber una relación directa entre los dos factores comentados (47). Además parece que la menor capacidad para controlar la aducción y rotación interna excéntrica de las mujeres versus los hombres conducen a que aumente el valgo dinámico característico de las tareas de aterrizaje, sentadilla o carrera (34)(45).

La literatura superior indica que debido a sus patrones motores específicos, las mujeres podrían tener una mayor demanda en la musculatura de la cadera durante las tareas deportivas, pero poseen una capacidad disminuida para generar resistencia a la deformación muscular ("stiffness").

2.6.2 Mecanismos de lesión

Entender cuáles son los mecanismos de lesión del LCA es fundamental para determinar factores de riesgo y desarrollar planes de prevención. Por lo tanto, existe mucho énfasis en el entendimiento de estos a través del análisis biomecánico. Esto es fundamental teniendo en cuenta su incidencia, su carga fiscal y las consecuencias para la salud de la misma (30)(26).

Las lesiones de LCA que ocurren sin contacto físico entre los atletas se conocen como roturas sin contacto, y van a suponer el 70% de todas las lesiones de esta estructura (23)(25)(48)(31). La mayor parte ocurren en deportes en los que son frecuentes maniobras como cambios de dirección rápidos, desaceleraciones repentinas, aterrizajes, maniobras de giro o de "cutting", mientras que el miembro inferior está en una posición de cadena cinética cerrada (26)(33)(23)(25)(31)(49)(50)(51). En este tipo de roturas es el propio deportista el que debido a su biomecánica durante el gesto deportivo genera por si mismo grandes fuerzas o momentos en la rodilla que estresan al LCAE (26)(31). Parece que el mecanismo lesional va implicar a los tres planos de movimiento (sagital, frontal y transversal) (33).

En varios estudios realizados con cadáveres en los que se recogió la tensión del haz anterointerno del LCAE bajo los efectos de diferentes combinaciones de carga, se vio que la fuerza de corte anterior en el extremo proximal de la tibia es el principal determinante de la tensión en este fascículo. Por otro lado, parece que los momentos de rotación interna-externa o los momentos de valgo o varo de rodilla puros no tienen un efecto significativo en la tensión de este. Sin embargo, la combinación de la fuerza de corte anterior con el momento de valgo, varo o rotación interna, resulta en una tensión significativamente mayor que la aplicación de la primera únicamente (52)(53). Uno de estos estudios investigó la influencia de estas combinaciones de fuerzas con la rodilla extendiéndose desde una posición de 90º de flexión a 5º de extensión, y observó que la carga sobre el LCAE aumentaba conforme el ángulo de flexión de rodillas disminuía (54). Parece que un pequeño ángulo de flexión de rodillas y una contracción fuerte del cuádriceps podrían aumentar la carga sobre esta estructura (26).

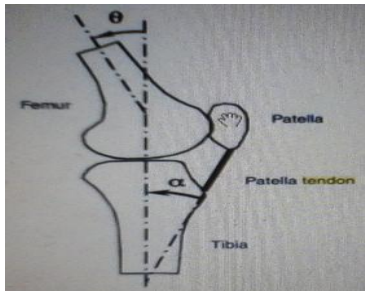
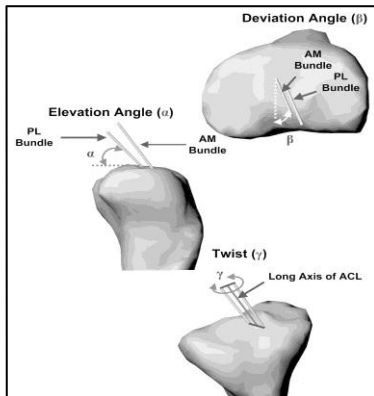


Figura 1. Ángulo entre el eje longitudinal de la tibia y el tendón rotuliano



El ángulo de flexión de rodillas parece un factor determinante en la biomecánica lesiva, ya que su disminución aumenta la fuerza de corte anterior debido a que crece el ángulo entre el eje longitudinal de la tibia y el tendón rotuliano (alfa). Con una fuerza de contracción del cuádriceps determinada, parece que la fuerza de corte viene determinada por este ángulo: cuanto mayor sea éste mayor será ésta (55).

Este aumento en la carga relacionada con la menor flexión de rodillas también se da debido al aumento del ángulo de elevación del LCAE y del ángulo de desviación que conlleva esta. El primero de ellos se define como el ángulo formado entre el axis longitudinal del LCAE y el platillo tibial, y el segundo como el formado entre la proyección del axis longitudinal del ligamento en el platillo tibial y la dirección posterior de la tibia. Cuanto mayor son estos ángulos, mayor es la carga sobre el LCAE con una determinada fuerza de corte anterior (56).

Figura 2. Ángulo de desviación y de elevación

Por otro lado, el músculo cuádriceps es el principal contribuyente a la fuerza de corte anterior en el extremo proximal de la tibia, a través del tendón rotuliano (57)(58)(26). En un estudio se vio que la contracción de este músculo genera que el ligamento tenga unos niveles de tensión elevados desde la extensión completa hasta los 30º de flexión de rodillas, y que a partir de aquí comienza a descender ésta (57).

Aunque los estudios biomecánicos anteriores muestran que el momento de valgo de rodillas no es el principal mecanismo que carga al LCAE, existe mucha controversia. De hecho, muchos programas de prevención de LCAE tienen como principal objetivo la disminución de este durante las actividades deportivas (26). Parte de la evidencia observacional que se ha reportado a través de los análisis de video en el momento de la lesión sugiere que en atletas femeninas podría haber un mecanismo en el plano frontal predominante, que se caracteriza por una rotación interna y aducción de la cadera estando la rodilla cercana a la hiperextensión y abducción, rotación externa de la tibia, el tobillo en eversión, el pie apoyado y fijo, y el cuerpo está desacelerando, llevando a una aparente colapso en valgo de la rodillas. Esta combinación de movimientos y rotaciones es definido como valgo dinámico de rodillas (34)(33)(23)(59)(60)(61)(38). En un estudio prospectivo realizado con jugadoras de fútbol, baloncesto y voleibol, se ha visto que el momento de abducción de rodillas durante la realización de un Drop Jump vertical, el cual contribuye directamente a la combinación de movimientos previa, es un predictor significativo del futuro riesgo de lesión de LCA con una sensibilidad del 73% y una especificidad del 78%. En este también se vio que las jugadoras lesionadas tenían menores grados de flexión de rodillas y mayores de valgo (62). Sin embargo, los

resultados del estudio de Markolf et al. también mostraron que la tensión del LCAE, debido a la combinación del valgo de rodilla y de momentos de rotación externa era menor en comparación con la de cualquiera de las dos de forma independiente (53). Estas dos acciones son elementos del valgo dinámico de rodillas que muchos programas de prevención están intentando evitar (26). Por otro lado, como ya hemos comentado existen varios estudios que muestran que el principal responsable de la tensión de esta estructura ligamentosa es la fuerza de corte anterior de la tibia, y que los momentos de valgo o varo puros si no se combinan con ésta no generan una tensión significativa en este estabilizador pasivo (53)(50).

Otros estudios en la literatura han mostrado que el momento de valgo de rodillas únicamente no puede lesionar el LCAE cuando el Ligamento colateral tibial (LCT) está intacto. Estudios con cadáveres muestran que este último es la principal estructura deteniendo la apertura del espacio medial de la rodilla (63) y que la respuesta de tensión es mínima cuando el LCT está intacto pero que incrementa significativamente cuando este último empieza a romperse (64). Por otro lado, la observación clínica muestra que la mayor parte de estas roturas se dan sin ser acompañadas por lesiones significativas de LCT. Un estudio mostró que solo 5 de 84 sujetos con lesiones de LCAE tenían una rotura completa de este elemento también (65). Estos estudios evidencian que el momento de valgo de rodillas no es un factor de riesgo principal cuando se da de forma independiente para tener lesiones de LCAE sin contacto (26).

Por lo tanto, parece que como he comentado previamente, el mecanismo de lesión se va desarrollar como resultado de una acción tridimensional. Estudios que analizan en video el momento de la lesión informan que es frecuente que haya una reducción en los ángulos de flexión de rodillas y un aumento en los de abducción de la misma y en los de rotación interna de cadera. Estos movimientos combinados, se han identificado como posibles factores de riesgo de LCAE (66)(61)(51). Este tipo de estudios además revelan que existen diferencias de género en el mecanismo lesivo. En el momento de la lesión, se ha visto que las jugadoras de baloncesto presentaban mayores ángulos de flexión de rodillas (15º) que los jugadores masculinos (9º) (67).

2.6.3 Factores de riesgo que predisponen a sufrir los mecanismos de lesión

El mecanismo de lesión de LCAE es multifactorial, y se da debido a la interacción de factores de riesgo intrínsecos (edad, género, genética, haber tenido una lesión previa, anatómicos/antropométricos, hormonales, neuromusculares, debilidad muscular...) junto con factores extrínsecos (perturbaciones físicas/visuales externas, clima, superficie de juego, calzado, etc.) (25)(23)(29).

Nos vamos a centrar específicamente en los factores de riesgo neuromusculares y en la debilidad de los músculos de la cadera que predisponen a sufrir el mecanismo lesivo. Esto se debe a que en la prevención de lesiones de LCAE se ha puesto mucho énfasis en la intervención sobre estos factores debido a la influencia que podrían tener en la

función de la rodilla (30)(29)(34)(68). Teniendo en cuenta que el mecanismo de incidencia es dinámico, las medidas dinámicas que estiman la carga de rodilla podrían tener más relevancia en la predicción de lesiones que las estáticas (como la laxitud de la rodilla o el ángulo Q) (33).

Factores de riesgo neuromusculares y biomecánicos

El pobre control neuromuscular de la cadera y rodilla, y los déficit en el control postural se han visto como factores de riesgo de LCAE (23)(29). Cuando hablamos del primero nos referimos a la activación inconsciente de los estabilizadores dinámicos periarticulares en respuesta a estímulos sensoriales. Esta es fundamental durante las acciones deportivas que predisponen a sufrir la lesión, como los cambios de dirección, los giros o las desaceleraciones. Así como los músculos se fatigan, parece que los atletas menos acondicionados conservaran peor este control durante el juego (29)(25).

En cuanto al déficit postural, como he comentado previamente, en un estudio de Hewett, se vio que durante la realización de un Drop Jump las atletas con mayor riesgo de lesión tenían un incremento en la movilidad en el plano coronal de la rodilla, y los de menor riesgo tenían una estrategia de absorción de la carga en el plano sagital, lo que ayudaba a disipar las fuerzas: Tenían mayores ángulos de flexión de rodillas y de caderas durante la fase inicial de contacto con el suelo (62)(69). Parece que el uso de una técnica de aterrizaje suave con el contacto inicial realizado por el antepie, con la adecuada flexión de caderas y rodillas y con la correcta alineación de la misma en el plano frontal, disminuye el riesgo de sufrir una lesión de LCAE sin contacto (68)

Los patrones de reclutamiento son cruciales para la estabilidad de la rodilla. Los índices de fuerza cuádriceps/isquiotibiales han sido examinados exhaustivamente por la literatura (25). El cuádriceps va ser el principal responsable de la fuerza de corte anterior de la tibia, sin embargo esta fuerza se puede modular a través de la actividad de los isquiotibiales. Estos músculos van a actuar como agonistas del LCAE: lo van a reforzar evitando la traslación anterior del ligamento (25)(26)(70)(23). Si los isquiotibiales demuestran debilidad o retraso en el tiempo de reclutamiento en comparación con el cuádriceps, podría incrementarse el riesgo de lesión. Este retraso incrementa la fuerza de corte anterior de la tibia (25)(23). La postura de aterrizaje de un salto también influye mucho en esta fuerza: con una mínima flexión de rodillas y de caderas incrementa ésta. Parece que con pequeñas flexiones de rodillas los isquiotibiales no reducen la carga sobre el LCAE. De hecho, en varios estudios se ve que la cocontracción de estos músculos no reduce la traslación anterior de la tibia con pequeños grados de flexión (25)(71)(72)(73)(74). Según Bing Yu y William E. Garret, la cocontracción de los isquios reduce significativamente la carga sobre esta estructura ligamentosa cuando la flexión es mayor de 15º en los hombres y mayor de 20º en las mujeres (71). Relacionado con estos hallazgos, Li et al. vio que esta cocontracción no reducía la traslación anterior de la tibia cuando la flexión era menor a 30º (74).

Destacar también que en un estudio realizado por Hewett, tras participar en un programa de entrenamiento neuromuscular, atribuye la mejora que se observa en mujeres en los movimientos de la rodilla en el plano frontal debido al aumento de la fuerza y de la actividad de los flexores de rodilla durante el aterrizaje (75). Por otro lado, en otro estudio, se ve que tras un protocolo de entrenamiento pliométrico aumenta la flexión y el momento de fuerza de los extensores de cadera: estas modificaciones posturales podrían mejorar la eficiencia mecánica de los isquiotibiales en relación con el cuádriceps, produciéndose un efecto protector en el LCAE (76)(34)(77), ya que podría conllevar una reducción de la fuerza de corte anterior (25).

Por otro lado, es importante también el rol de la activación de la musculatura del "core" con respecto a los movimientos dinámicos de la rodilla: parece que la fuerza y la activación óptima de esta musculatura es un componente vital para la prevención de lesiones y para la mejora del rendimiento (25)(31). La estabilidad del "core" se define como la capacidad del cuerpo para mantener o recuperar la posición de equilibrio del tronco después de que este haya sufrido perturbaciones (31)(78). Se ha demostrado que existe una estabilización proximal previa a la movilidad distal (79)(80). Un estudio prospectivo de 3 años demostró que los atletas con menos estabilidad exhibían mayores desplazamientos del torso tras sufrir perturbaciones del tronco, y eran más susceptibles a padecer roturas de LCAE (78). Además, la inclinación lateral del tronco está asociada a un mayor momento de abducción de rodilla (81)(82), que como hemos visto es predictivo del riesgo de lesión que tienen las atletas femeninas (62).

Debido a que se piensa que las roturas de LCAE se van a dar en los primeros 40 ms después de que el pie contacte con el suelo (66), y teniendo en cuenta que la activación voluntaria del "core" es más lenta (83), la activación anticipada podría jugar un papel fundamental en la prevención de lesiones (31).

Por último, también se ha sugerido que la anteversión pélvica podría acentuar el colapso en valgo dinámico de rodilla. El engrosamiento y acortamiento de la musculatura paravertebral y flexora de cadera, así como la inhibición y debilidad de la musculatura abdominal y glútea, son desequilibrios neuromusculares que contribuyen al incremento de este posible patrón lesivo (84)(85). Hacen falta más estudios que evalúen si los programas de prevención centrados en el fortalecimiento de la musculatura glútea, abdominal y paravertebral lumbar y en el estiramiento de la musculatura flexora profunda de la cadera y extensora de la espalda podrían prevenir las lesiones de LCAE sin contacto.

Debilidad de los músculos de la cadera

Recientemente, en la prevención de lesiones de LCAE, se ha puesto el foco en la influencia que podría tener la fuerza de los músculos de la cadera en la función de la rodilla (30). Se ha visto que las atletas que tenían este tipo de lesiones tenían menos fuerza en los abductores y rotadores externos de cadera en comparación con aquellas

que habían tenido otras lesiones del miembro inferior (86). Por otro lado, aquellos sujetos con menos fuerza en los abductores demostraron tener mayores ángulos de abducción de rodilla corriendo en una cinta en comparación con aquellos que tenían más fuerza (87). También se ha visto que aquellos con mayor debilidad en los rotadores externos de cadera son más susceptibles a experimentar una lesión durante el curso de una temporada deportiva (38).

Los músculos glúteos son fundamentales para estabilizar la pelvis y mantener una correcta alineación de la cadera y rodilla en una posición de apoyo monopodal. La coactivación del glúteo medio y mayor, así como la posición de la cadera son elementos esenciales para conseguir un perfil biomecánico seguro. La debilidad relativa de la musculatura posterolateral (abductores, extensores y rotadores externos de cadera) con respecto a la anteromedial (flexores y aductores de cadera) dificulta la capacidad para mantener la estabilidad de la cadera, y la alineación de esta última y de la rodilla (85)(84).

Por lo tanto, parece que los mecanismos proximales podrían jugar un rol significativo en las estrategias de control neuromuscular para controlar la carga de la rodilla y que podrían alterar la biomecánica asociada con la lesión: la incapacidad para controlar excéntricamente la aducción y rotación interna de cadera conducen a un aumento del valgo dinámico de la rodilla (34)(30). De hecho, utilizando un modelo de la extremidad inferior, se ha visto que la fuerza necesaria para causar un colapso en la rodilla en el plano frontal era particularmente sensitivo al nivel de resistencia a la deformación ("stiffness") de la musculatura de la cadera. Este último está relacionado con la activación muscular de esta: a través de la restricción de la movilidad en una articulación se consigue estabilizar otra (33).

- Relación entre la fuerza de la cadera y la cinemática de la rodilla:

Esta relación entre la fuerza y la cinemática de la rodilla durante la realización de actividades en carga es fuente de controversia. Existe literatura que ha utilizado el "Single Leg Squat" para evaluar la cinemática de la rodilla y han encontrado que las mujeres con mayor fuerza en los músculos de cadera tienen menos movimiento en el plano frontal de la rodilla: Menores valores en los ángulos de valgo dinámico o en el ángulo de proyección del plano frontal de la rodilla (FPPA)(38)(88)(89)(90). Además, también se ha visto que durante la realización de un "Drop Jump", en las mujeres existe una correlación negativa entre la fuerza de los abductores y extensores de cadera, y el FPPA de rodillas (91). En otro estudio se puede ver como existe una correlación negativa entre la fuerza de los abductores, extensores y rotadores externos de cadera, y el valgo de rodillas, durante la realización de una tarea de tipo "Single Leg Medial Landing" (30). Por lo tanto, en las mujeres, la fuerza de estos músculos podría tener un papel importante en el control de los movimientos en el plano frontal de la rodilla.

En cuanto a los hombres, en un estudio se ha encontrado una correlación positiva entre la fuerza de los extensores de cadera y el ángulo de flexión máxima de rodillas durante el SLM: indicando que los hombres con mayores valores de fuerza en los extensores de cadera podrían mostrar mayores ángulos de flexión durante la realización de esta tarea (30). Teniendo en consideración los estudios que muestran que los hombres presentan menores ángulos de flexión en el momento de la lesión en comparación con las mujeres(67), la fuerza de estos músculos podría jugar un papel importante asegurando la técnica de aterrizaje segura (30). Sin embargo, existe evidencia científica que no ha encontrado esta relación entre la cinemática y la fuerza en el sexo masculino (92)(93). La discrepancia en los resultados podría estar relacionada con la tarea empleada para el análisis cinemático: los estudios que no han encontrado relación utilizan tareas en el plano sagital ("Single Leg Squat", "Drop Jump Bipodal"....), mientras que el "Single Leg Medial Drop Landing" es una tarea de aterrizaje unipodal en el plano frontal. Esta última es más similar a las tareas específicas de los deportes (30).

Estas diferencias de género podrían estar relacionadas con las diferencias en los mecanismos de lesión: los movimientos que se consideran que podrían aumentar el riesgo de sufrir lesiones de LCA sin contacto podrían variar entre los hombres y las mujeres. Por otro lado, la influencia de los músculos de la cadera en este mecanismo parece que también depende del género.

2.7 Anatomía funcional

Teniendo en cuenta que la fuerza, el control y la activación de la cadera parece que podrían tener un papel clave en la cinemática de la rodilla, el conocimiento de la anatomía funcional de la cadera es fundamental:

2.7.1 Músculos abductores de cadera

Generalmente están situados por fuera del plano sagital que pasa por el centro articular, y por fuera y por encima del eje anteroposterior. El principal abductor de la cadera es el glúteo medio y recibe asistencia del glúteo menor. Estos dos tienen una función esencial en la estabilidad transversal de la pelvis. El músculo tensor de la fascia lata también es abductor de cadera, al igual que los fascículos superiores del glúteo mayor. Estos músculos tienen una función esencial en la estabilidad transversal de la pelvis (21).

El glúteo medio se origina sobre la cara externa de la cresta iliaca y desciende para insertarse distalmente en la porción posterosuperior del trocánter mayor. Tiene forma de abanico y tiene tres partes: anterior, medio y posterior. Las fibras anteriores y medias serán verticales, mientras que las posteriores se disponen de forma horizontal y casi paralelas al cuello del fémur (34). Parece que durante actividades de mayor exigencia, como las fases de soporte durante el descenso de escaleras, se activan los tres fascículos de forma simultánea (94)(95).

Se pueden clasificar los músculos abductores en dos grupos dependiendo de su localización con respecto al plano frontal. Por un lado tenemos todos los situados por delante de este que son abductores, flexores y rotadores internos de cadera. En este grupo se incluyen el tensor de la fascia lata, las fibras anteriores del glúteo medio y las del glúteo menor. Por otro lado, tenemos los situados por detrás que son abductores, extensores y rotadores externos. En este se incluyen las fibras posteriores del glúteo medio y menor, y las superiores del mayor (21).

Cuando la pelvis está en apoyo monopodal, el equilibrio transversal y frontal de esta se asegura únicamente por los abductores y rotadores externos del mismo lado del apoyo. En esta posición, gracias a la acción muscular, la pelvis tiende a bascular hacia la cadera que carga. Para que esto funcione es fundamental que la fuerza de estos músculos sea suficiente para equilibrar el peso del cuerpo. Si estos se debilitan la fuerza de gravedad no será contrarrestada y la pelvis se inclinará hacia el lado opuesto generando adaptaciones posturales para evitar la caída: el tronco se inclinará hacia el lado que carga, lo que se ha asociado con el aumento en los momentos de valgo de rodillas. Por lo tanto, se dará un déficit en la estabilización proximal para los movimientos del miembro inferior y una incapacidad para mantener la alineación neutra de la rodilla y cadera (21)(81)(82)(34).

2.7.2 Músculos extensores de la cadera

Estos músculos se sitúan por detrás del plano frontal que pasa por el centro articular y que contiene el eje transversal de flexo-extensión de la cadera. Tienen una función esencial en la estabilización anteroposterior de la pelvis. Teniendo en cuenta su inserción distal se distinguen dos grupos: los monoarticulares (se insertan en el extremo superior del fémur) y los biarticulares (se insertan alrededor de la rodilla) (21).

En el primer grupo el músculo más importante es el glúteo mayor: es el mayor de la región glútea y de los mayores del cuerpo. Se origina sobre la línea glútea posterior del ilíon, sobre la superficie dorsal del sacro y cóccix, así como sobre el ligamento sacrotuberoso. Desciende y se inserta en la tuberosidad glútea del fémur y en las fibras superficiales de la cintilla iliotibial. Funciona principalmente como extensor pero también como rotador externo (34).

En el segundo grupo se incluyen los músculos isquiotibiales: porción larga del bíceps femoral, músculo semitendinoso y semimembranoso. El aductor mayor también se debe incluir en este grupo ya que su función accesoria es la extensión de cadera.

Dependiendo de su posición con respecto al eje anteroposterior, los músculos extensores de cadera tienen una función secundaria de abducción o de aducción. Los que pasan por encima como el glúteo medio, los haces más elevados del glúteo mayor o el fascículo posterior del glúteo menor son abductores. Sin embargo, los que pasan por debajo del eje, como los isquiotibiales, los aductores y la mayor parte del glúteo mayor son aductores (21).

2.8 Programas de prevención de lesiones sin contacto de LCAE que tratan de reducir factores de riesgo relacionados con la cinemática de la rodilla y la debilidad de la musculatura de la cadera

Resulta interesante revisar estudios donde se han llevado a cabo programas de prevención de lesiones de LCAE sin contacto, y se ha conseguido disminuir factores de riesgo relacionados con la debilidad de la musculatura de la cadera y la cinemática articular de esta y de la rodilla.

Baldon et al. (96), investigó los efectos de un entrenamiento de estabilización funcional de 8 semanas de duración en la biomecánica del miembro inferior durante la realización de un "Single Leg Squat" (SLS), en el rendimiento funcional y en los momentos de fuerza excéntricos de los abductores, aductores, rotadores internos y rotadores externos de cadera y en los momentos de fuerza excéntricos de los flexores y extensores de rodilla en atletas femeninas. Tras la aplicación de este programa centrado en el fortalecimiento de los abductores y rotadores externos de cadera junto con un entrenamiento funcional se ve una disminución significativa en la depresión de la pelvis contralateral, en la aducción de la cadera, en la abducción de la rodilla y un aumento significativo en los momentos de fuerza excéntricos de los abductores, rotadores externos y rotadores internos de cadera, así como en los de los flexores y extensores de rodilla. Además se ve una mejora en el rendimiento funcional durante la realización de varias pruebas: aumenta la distancia del "Single-Leg Triple Hop Test" Y disminuye el tiempo del "6-m Single-Leg Hop Test". Stearns et al (97), lleva a cabo un protocolo de entrenamiento en mujeres recreativamente activas para intentar prevenir las lesiones de LCAE que tiene una duración de 4 semanas, y se llevan a cabo 3 sesiones de 30 minutos a la semana. El entrenamiento tiene un componente pliométrico centrado en la cadera y ejercicios propioceptivos en los que se perturba el equilibrio. Se da un aumento significativo en la fuerza isométrica de los abductores y extensores de cadera. Por otro lado, en cuanto a las variables cinemáticas, se observa un aumento significativo en los grados de flexión de rodillas y de caderas, además de una disminución en los ángulos de abducción de la rodilla. Snyder et al (98), observó un incremento en la fuerza de los abductores y rotadores externos de cadera después de 6 semanas de ejercicios de tipo cadena cinética cerrada. Myer et al. (99), investigó los efectos de un programa neuromuscular centrado en el tronco sobre la fuerza de los músculos de la cadera y rodilla en jugadoras de voleibol. Tras 10 semanas de entrenamiento observa un incremento en la fuerza isocinética de los abductores de cadera, pero no en la de los extensores y flexores de rodilla.

Richard W. Willy et al. (100), Investigó si un programa de fortalecimiento centrado en los abductores y rotadores externos de cadera y de concienciación, altera la biomecánica durante la carrera y durante la realización de un SLS en corredoras. Para ello reclutó a 20 mujeres sanas con un exceso en la aducción de cadera durante la carrera y las separó de forma randomizada en dos grupos: un grupo experimental en el

que se lleva a cabo un programa con una duración de 6 semanas en el que se entrena 3 días a la semana, y un grupo control que realiza su rutina de ejercicio. El grupo de intervención realiza un entrenamiento de fortalecimiento además de uno centrado específicamente en la realización de tareas tipo SLS con reeducación neuromuscular a través de feedback verbal. Tras la consecución de este se ve un aumento significativo en la fuerza de los abductores y rotadores externos de cadera. En cuanto a la cinemática, sí que se observa que se altera durante la realización de una tarea de tipo SLS: disminuye significativamente la caída de la pelvis contralateral, la aducción y la rotación interna de la cadera. Sin embargo, no se modifica el patrón biomecánico durante la carrera. El incremento en la fuerza de estos músculos es mayor que el observado por Snyder et al. (98), debido a que este último realizó su intervención en individuos con mecanismos de cadera normales y con mayores valores de fuerza de base. Sin embargo, se observa una menor ganancia de fuerza en comparación con otro estudio realizado en pacientes con el síndrome pateolofemoral que presentaban una excesiva rotación interna y aducción de cadera durante los movimientos funcionales (101).

Herman et al. (102), investiga los efectos de un programa de prevención de lesiones de ICAE de 9 semanas de duración realizado durante 3 días a la semana centrado en el fortalecimiento del cuádriceps, isquiotibiales, glúteo medio y glúteo mayor en la biomecánica del miembro inferior de jugadoras recreativas de fútbol, voleibol y baloncesto durante la realización de una tarea de tipo Stop-Jump. Tras la intervención, aumenta la fuerza isométrica máxima voluntaria de los abductores y extensores de cadera, así como la de los flexores y extensores de rodilla. Sin embargo, no se altera la cinética y la cinemática de la articulación de la cadera y rodilla, y los autores concluyen que no es suficiente como para reducir el riesgo de lesión en atletas femeninas. No obstante, Lephart et al. (76), compara los efectos de un programa pliométrico y uno de fuerza básico en las características biomecánicas y neuromusculares de las atletas femeninas, y los resultados del estudio muestran que no hay diferencias significativas en las variables de fuerza (aumento significativo de la fuerza isocinética máxima del cuádriceps en los dos grupos) y cinemática (aumento significativo en los grados de flexión de rodillas y de caderas durante una tarea de tipo Jump-Landing en los dos grupos) entre los dos grupos, y sugieren que las características neuromusculares del miembro inferior se pueden mejorar significativamente con un protocolo básico de ejercicios únicamente. Los programas tenían una duración de 8 semanas (3 sesiones por semana) y ambos se dividieron en dos fases de 4 semanas. La primera fase fue idéntica para los dos grupos y realizan ejercicios de fuerza, propiocepción y flexibilidad. En la segunda fase, el grupo de las pliometrías integra una serie de ejercicios pliométricos y de agilidad en el programa de entrenamiento existente. Sin embargo, el otro grupo progresa en los ejercicios de la 1ª fase incrementando el número de repeticiones o la cantidad de tiempo trabajado. Sin embargo, el programa de entrenamiento pliométrico podría no haberse implantado durante el tiempo suficiente como para inducir beneficios biomecánicos y neuromusculares adicionales. Estos resultados se defienden

potencialmente por el estudio de Lehhard et al. (103), el cual informó de una reducción significativa en el índice de lesiones de jugadores masculinos de fútbol después de un régimen de entrenamiento de fuerza únicamente: la incidencia de lesiones disminuye de 15,15 a 7,99 por cada 1000 exposiciones.

3. OBJETIVOS Y HIPÓTESIS

Teniendo en cuenta que en la actualidad no existe evidencia sobre la posibilidad de usar el Paleotraining® como método de prevención de lesiones (20), hemos decidido el estudio de la aplicabilidad de este sistema como método de prevención de las roturas de ligamento cruzado anterior sin contacto en hombres, que son relativamente frecuentes en el fútbol masculino y tienen una repercusión muy negativa en la calidad de vida y en el nivel de actividad física de los practicantes.

Vamos a implantar el programa de prevención en un equipo de fútbol amateur. Considerando que últimamente se está poniendo mucha atención en el papel que tienen la fuerza y la activación de los músculos de la cadera y del "core" en la biomecánica lesiva del LCAE, dirigiremos el programa de entrenamiento de forma que nos centraremos en el fortalecimiento de estos específicamente.

Habiendo establecido previamente un marco conceptual relacionado con el Paleotraining® y con las lesiones de LCAE, y teniendo en cuenta los mecanismos de lesión y los factores que los predisponen, se establecen las hipótesis y los objetivos.

3.1 Hipótesis

- 1- Tras la intervención, se dará un aumento significativo en los valores del Test Paleo 2 (TP2), que mide la capacidad física.
- 2- Tras la intervención se va dará un aumento significativo en las medidas de fuerza de los abductores y extensores de cadera de los jugadores.
- 3- Se producirá una aumento significativo en los grados de flexión de rodillas en el miembro inferior dominante tras la realización de una tarea de tipo "Single Leg Medial Landing" (SLM).
- 4- Tanto en el miembro inferior izquierdo como en el derecho, no se va producir una reducción significativa en los grados del ángulo de proyección frontal de la rodilla (FPPA) durante la realización de una tarea de tipo "Single Leg Squat" (SLS).

3.2 Objetivos

3.2.1 Objetivos principales

- 1- Comprobar si a través de un plan de entrenamiento de 5 semanas basado en el método Paleotraining existe un aumento significativo en el tiempo, en la fuerza de los abductores y extensores de cadera en un grupo de futbolistas masculinos amateurs.
- 2- Analizar si tras la intervención, durante la realización de una tarea de tipo SLM se da un aumento significativo en el tiempo en los grados de flexión de rodillas, y si durante la realización de una tarea de tipo SLS se da una disminución en el ángulo de proyección frontal de la rodilla (FPPA).

3.2.2 Objetivo secundario

- 1- Estudiar si tras la intervención se da una mejora significativa en el tiempo en la capacidad física de los sujetos medidos a través del TP2.

4. METODOLOGÍA

4.1 Diseño experimental

Se trata de un estudio experimental de corte longitudinal en el que se registró la fuerza isométrica voluntaria máxima de los abductores y extensores de cadera a través de un dinamómetro manual. Por otro lado, también se recogen los grados de flexión y del ángulo de proyección frontal de la rodilla en dos dimensiones en el plano sagital y frontal respectivamente.

Tanto las mediciones como la intervención se han llevado a cabo por completo en las instalaciones de un equipo de fútbol que compite en la Liga Primera Autonómica de Navarra. Está dirigida por la Federación Navarra de Fútbol y se sitúa entre Tercera División y Regional Preferente.

4.2 Características de los sujetos

En la intervención van a participar un total de 17 jugadores de fútbol amateur, todos hombres con las siguientes características antropométricas:

Tabla 1. Características antropométricas de los sujetos

N	Peso	Edad	Altura
17 (Todos)	71,66 (+- 4,37)	24,11 (+- 4,37)	1,77 (+- 0,04)
13 (análisis cinemático)	72,20 (+-4,46)	23,76 (+-3,85)	1,77 (+-0,04)
16 (análisis dinamométrico abd.)	71,72 (+-4,32)	24,18 (+-4,38)	1,77 (+-0,04)
14 (análisis dinamométrico ext.)	72,26 (+-4,29)	23,71 (+-3,70)	1,78 (+-0,04)

Es importante resaltar que no se han realizado todas las mediciones en todos los participantes. De los 17 jugadores que han llevado a cabo el programa de entrenamiento se ha medido la capacidad física antes y después de la intervención a través del Test Paleo 2 en todos. Sin embargo, el análisis cinemático se ha realizado en 13 de los 17 sujetos, y el dinamométrico en 16 de los 17 para los abductores de cadera y en 14 de los 17 para los extensores.

Los criterios de selección que han cumplido los sujetos han sido los siguientes:

4.2.1 Criterios de inclusión

- Los participantes tenían que ser hombres y jugadores de fútbol amateur.
- Tenían que tener entre 18 y 35 años, ya que como hemos dicho es durante este periodo cuando se dan la mayor parte de las lesiones de LCAE.

4.2.2 Criterios de exclusión

- Para ser incluidos en el estudio, los sujetos no habían podido tener ninguna lesión durante el mes previo a la intervención: entendiéndose como lesión

cualquier tipo de parada competitiva o en los entrenamientos debido al estado físico de los deportistas.

- Para ser incluidos en el estudio, no habían podido tener historia de ninguna intervención quirúrgica en los miembros inferiores.
- Para ser incluidos en el estudio, los jugadores tenían que haber participado en al menos 2/3 partes de los entrenamientos: es importante realizar un seguimiento exhaustivo del entrenamiento debido a su mayor eficacia en los resultados finales.

4.2.3 Consentimiento informado y derecho de información

Antes de participar en el estudio, los sujetos han dado su consentimiento libre e informado después de que se haya respetado su derecho informativo. Se les comunica de forma individual y en términos comprensibles sobre el plan de intervención, sus riesgos y sobre la duración estimada del mismo. Esta información se facilita tanto de forma verbal como por escrito, y los jugadores tienen la oportunidad de preguntar sobre cualquier cuestión. Se les deja claro que tienen la opción de retirar su consentimiento de forma libre en cualquier momento sin ningún tipo de restricción. El comité de ética aprobó la investigación.

4.3 Pre-test y post-test

Se van a llevar a cabo durante la semana previa y posterior a la intervención. Esta última va a tener una duración de 5 semanas. Tanto el pre- como el post-test consisten en lo siguiente:

4.3.1 Calentamiento

Antes de empezar con las mediciones los sujetos van a trotar por el campo de fútbol durante 5 minutos. Además realizarán 2 series de 10 sentadillas, con 1 minuto de descanso entre cada una de ellas.

4.3.2 Estudio cinemático de rodilla y de fuerza de los abductores y extensores de cadera

Durante el mismo día, se llevan a cabo las tareas para examinar la cinemática de la rodilla y el análisis dinamométrico de la fuerza de los abductores y extensores de cadera. Las tareas que se llevaron a cabo para realizar el examen del movimiento van a ser las siguientes: el "Single Leg Squat Test" y el "Single Leg Medial Drop Landing". La primera se examinará en un plano frontal y la última en uno sagital.

Primero se realiza el calentamiento que hemos comentado, posteriormente se llevará a cabo el análisis de fuerza dinamométrica, y por último se realizarán las tareas para efectuar el posterior análisis cinemático. Entre estos dos últimos, se dejará un margen de 10 minutos para evitar la posible fatiga muscular o influencia que puede tener una prueba con respecto a la anterior.

Todas las pruebas se llevarán a cabo en las instalaciones del Club Deportivo Avance. Las pruebas dinamométricas se desarrollaron en los vestuarios del estadio Igueldea. Tanto el calentamiento como las actividades de carga se realizarán en el terreno de juego del mismo.

4.3.3 Análisis de fuerza de los abductores y extensores de cadera:

El dinamómetro manual es un método rápido y simple que se usa para medir la fuerza isométrica de los músculos de la cadera entre otros. Este instrumento se utiliza frecuentemente en el contexto clínico, y ha exhibido excelentes coeficientes de correlación intraclase para la medición de la fuerza isométrica máxima voluntaria de los músculos de la cadera (30)(104). Por ejemplo, ha mostrado excelente fiabilidad entre evaluadores y entre las mediciones del mismo evaluador para los músculos flexores y aductores de cadera en futbolistas adultos sanos (105). Una ventaja de este método frente a los tradicionales test manuales musculares a través de sistemas de graduación es la habilidad para detectar y cuantificar pequeños cambios en la fuerza, que de otra manera no serían detectables (106). Una limitación de este método es la fuerza del examinador con respecto a la fuerza del grupo muscular testado. Para que el test sea válido, la fuerza del examinador debe ser suficiente como para afrontar la fuerza producida por éste (107)(108).

A través de este instrumento, se recogen tanto la fuerza isométrica de los abductores de cadera como la de los extensores de la misma en las dos extremidades inferiores. Todas las mediciones son obtenidas por un mismo examinador. Con el fin de estandarizar las pruebas, siempre primero se llevará a cabo la exploración de la fuerza isométrica de los abductores de cadera y posteriormente la de los extensores, y primero se realiza en el lado derecho y después en el izquierdo. Entre cada extremidad y entre cada prueba, se deja un periodo de reposo de 1 minuto y medio.

Las mediciones se recogen de la siguiente manera:

- **Abductores de cadera:**

La fuerza de los abductores de cadera se calcula con el paciente sobre la camilla en una posición de decúbito lateral, con el miembro inferior de los músculos a examinar situado arriba. Este último se coloca en una posición neutra de caderas y de rodillas, mientras que el miembro inferior situado abajo se posiciona con una flexión de rodillas y de caderas de 90°. Durante la sesión de test, los sujetos son instruidos para que se agarren con su mano inferior al cabecero de la camilla y con su mano superior a un lado de la camilla. El examinador aplica la plataforma de fuerza del dinamómetro 5 cm proximal respecto al maléolo lateral del fémur (30)(109).

- Extensores de cadera:

Para la extensión de cadera, los sujetos se sitúan en decúbito prono con las rodillas flexionadas entre los 70 y los 90º. Los sujetos son instruidos para que se agarren a los dos lados de la camilla con sus manos. El examinador coloca el dinamómetro 5 cm proximal respecto a la interlínea articular (30)(109).

Antes de recoger los tres intentos experimentales se lleva a cabo una sesión de entrenamiento que consiste en ensayar la dirección de la fuerza que tiene que realizar el sujeto y cómo tiene que aplicarla durante la prueba. También se practica cómo se han de recoger los datos y cómo se tiene que situar tanto la placa de fuerza del dinamómetro como el sujeto.

Éste es instruido para que empuje contra la plataforma de fuerza durante 5 segundos con un esfuerzo máximo. Una vez que el paciente comienza a aplicar fuerza en la plataforma, el examinador tiene que resistirla de tal forma que se mantiene el dinamómetro estático. Este se sitúa a un lado de la camilla de exploración en bipedestación. Se recogen tres intentos y entre cada uno de ellos se dejan 15 segundos de descanso para tratar de evitar la fatiga muscular (38)(110)(111). Si el examinador detecta algún movimiento compensatorio durante las mediciones se ordena la realización de un nuevo intento tras 15 segundos de descanso (94). Para el análisis estadístico posterior, se calcula la media de los 2 intentos más parecidos: tienen que tener menos del 10% de variación en el resultado de fuerza entre ambas mediciones. Si no se cumple este criterio, se realizará una nueva medición hasta lograr dos mediciones parecidas.

4.3.4 Testst de actividades en carga para análisis cinemático de rodilla:

Antes de realizar las actividades de carga, el sujeto trota a un ritmo suave del 60% del NIP (Nivel de intensidad personal), dándole al terreno de juego 4 vueltas, para evitar la inhibición muscular antes de comenzar con el análisis.

Los sujetos tienen la opción de practicar cada test hasta que se sientan cómodos (112)(113)(114)(96), esto no suele ser más de 5-6 intentos. Una vez que esto ocurre, proceden a la realización de los 3 intentos experimentales (113)(114)(115). Estos últimos, cuando se trata del Single Leg Squat Test (SLS) van a ser grabados en el plano frontal por una cámara de video situada a 3,5 metros de distancia del paciente. Sin embargo, cuando se trata del Single Leg Medial Drop Landing (SML), serán grabados en el sagital y la cámara de video se situará a una distancia de 2,5 metros. Esta última va situarse a la altura de la rodilla (115)(113)(38) a través del uso de un trípode (38), y el axis óptico de las misma va ser perpendicular al plano de grabación (113)(112)(38)(115).

En el caso de que hubiese algún error a la hora de tomar las imágenes de video, o el paciente tuviese la sensación de que podría realizar las tareas mejor de lo que lo había

hecho durante los intentos válidos, este ha tenido la oportunidad de repetirlas tantas veces como quisiera.

Los marcadores son situadas en las EEII de cada sujeto como emplea Wilsson (38). Las marcas se sitúan a nivel del muslo proximal de la pierna dominante sobre la línea que conecta el trocánter mayor y el cóndilo femoral lateral, a nivel del muslo proximal de las dos extremidades (EE) sobre la línea que conecta el marcador de la rodilla y la espina iliaca anterosuperior, a nivel de la mitad de la articulación de la rodilla de las dos EE (en la mitad de la línea que conecta los cóndilos femorales), cóndilo femoral interno de las dos EE, cóndilo femoral externo de las dos EE, en el centro de la articulación del tobillo de las dos EE (a nivel del punto medio de los maléolos del tobillo), maléolo peroneal de las dos EE y maléolo tibial de las dos EE. Todas las marcas son puestas por el mismo experimentador y se determinan utilizando tape estándar (113)(112)(38)(114)(115). Se utilizan para determinar a partir de ellos los grados de flexión de rodillas y los del ángulo de proyección del plano frontal de la rodilla (FPPA).

Una vez que han calentado, se le explica la prueba al sujeto:

Con el objetivo de que no haya discrepancias a la hora de explicar la prueba entre los diferentes pacientes y entre el pre- y el post-test, se procede a grabar la explicación y a imprimirla, para que los sujetos la escuchen y la lean. El escrito y la grabación dice lo siguiente:

SLS, Single Leg Squat Test, se va llevar a cabo sobre los dos miembros inferiores:

" Te vas a colocar sobre un pie mientras que el miembro inferior contrario no se apoya en ninguna superficie, a la pata coja, y vas realizar una sentadilla con esta pierna intentando conseguir tu posición máxima. Vas a tener un marcador verbal de 5 segundos: vas a contar hasta 5 en tu cabeza de tal forma que 1 significa el inicio del movimiento, para el 3 segundo has tenido que conseguir tu máxima posición de flexión de rodillas y de caderas, y para el segundo 5 se termina la prueba ".

El hecho de utilizar un marcador verbal estandariza la prueba para todos los sujetos, reduciendo el efecto de la velocidad en el ángulo de la rodilla. Los intentos solamente son considerados como validos si el paciente es capaz de mantener el equilibrio en todo momento y si es capaz de alcanzar la flexión de rodillas mínima (45º de flexión de rodilla). Para asegurar esto último, el mismo examinador en todos los casos recoge los grados de flexión de rodillas durante los intentos de práctica a través de un goniómetro estándar (113)(112).

SML, Single Leg Medial Drop Landing, se va llevar a cabo solo sobre el dominante:

"Te vas a subir al banco a nivel del borde del mismo, de tal forma que tu pierna dominante sea la pierna que se apoya en el banco y tu pierna contraria va quedar por fuera del mismo, por lo que te vas a situar en una posición de apoyo monopodal, a la pata coja, sobre la pierna dominante (con la que golpearías al balón). Después de estar

5 segundos en esta posición estática, te dejarás caer hacia adentro y un poco hacia posterior con tu pierna dominante, y tratarás de mantener la postura de aterrizaje durante 3 segundos".

Sirve para evaluar la cinemática de rodilla durante el aterrizaje con una única pierna en el plano frontal. Se va realizar desde un cajón de 40 cm de altura. Los sujetos van a ser instruidos para que estén sobre su pierna dominante encima del cajón y después se les pide que se dejen caer con esa misma pierna medialmente y un poco posteriormente, y que mantengan la posición de aterrizaje durante al menos 3 segundos (30).

Los dos test se realizarán en el terreno de juego y los jugadores calzarán con zapatillas de fútbol, para intentar asemejar al máximo posible las características de la prueba con el contexto potencial de riesgo que se puede dar durante los entrenamientos o partidos. Realizarán el test en el capo de hierba natural donde juegan y entrenan.

Ángulo de proyección del plano frontal de la rodilla (FPPA)

El FPPA es el ángulo de proyección del plano frontal de la rodilla. Tras la colocación de marcadores, establecidos con tape rígido, en el centro de la articulación de la rodilla (entre el epicóndilo medial y lateral de la rodilla), en el centro articular del tobillo (entre el maléolo lateral y el interno) y en el muslo proximal a nivel de la línea que conecta la espina iliaca anterosuperior y el marcador del centro articular de la rodilla, se establecen dos líneas: la que conecta la EIAS y la articulación de la rodilla (a través de los marcadores comentados anteriormente) y la que conecta el centro de la rodilla y el del tobillo. El ángulo que se obtiene a partir de estas dos líneas se considera el FPPA de la rodilla (38)(114)(112)(115)(113).

Este valor es diferente al ángulo del cuádriceps, ya que el centro articular de la rodilla no se establece teniendo en cuenta la rótula, y la marca inferior no se sitúa dependiendo de la tuberosidad tibial. La fiabilidad del mismo día de este método ha resultado en un valor de ICC de 0,88 (38).

Los valores negativos del FPPA muestran los grados de valgo dinámico: se va dar una excursión de la rodilla través de la línea media del cuerpo, por lo que la marca de la rodilla será medial a la línea que une las marcas del tobillo y el muslo. Los grados positivos muestran los grados de varo dinámico y en este caso la marca de la rodilla será lateral (116).

Fiabilidad, errores de medida y validez de la medición del FPPA en 2 dimensiones

El análisis en 3 dimensiones (3D) del movimiento de alta velocidad es el método más utilizado para cuantificar la alineación del miembro inferior durante actividades en carga, y se ha observado que estas técnicas son las mejores para este tipo de análisis (112)(116)(115). Con este propósito se han llevado a cabo muchos estudios de este tipo (62)(43). Sin embargo, debido a los costes temporales, financieros y espaciales no es un método práctico para la mayoría de los contextos clínicos o para su uso en grandes

programas de "screening" en el deporte. Las técnicas en 2D utilizan un equipamiento simple, portable y barato, y parecen de mucha más utilidad para las situaciones clínicas (112)(115)(116). Willson et al. introdujo el FPPA de rodillas para cuantificar el valgo dinámico durante la realización de un Single Les Squat Test (SLS) (38).

Por un lado, se ha explorado la validez de estas técnicas como medida para caracterizar la cinemática de la extremidad inferior en 3D. En un estudio se recogió el FPPA para hombres y para mujeres con una cámara de video digital durante la realización de una maniobra de "cutting" a alta velocidad y se compararon los resultados con la cinemática del miembro inferior en 3D, que fue recogida al mismo tiempo. Los autores concluyeron que el FPPA en 2D está influenciado inherentemente por las rotaciones de cadera y rodilla que se observan durante el análisis en 3D, y que estas técnicas podían ser útiles para evaluar a los sujetos con un incremento en el valgo dinámico de la rodilla durante actividades en carga (117). Además se ha visto que es una técnica válida para cuantificar el FPPA en comparación con los métodos en 3D (116)(117)(112).

Cabe decir que se ha visto que el FPPA en 2D refleja entre el 23-30% de la varianza de los valores del valgo de rodilla en 3D. De forma más relevante, se ha encontrado que durante la realización de un SLS, existe una correlación significativa entre la aducción de cadera y la rotación externa de rodilla (2 de los principales componentes del valgo dinámico) medidas en 3D, con el FPPA medido en 2D (116). Los buenos-excelentes valores del coeficiente intraclase (CCI), tanto durante el mismo día como entre diferentes días, sugieren que el análisis en 2D del FPPA es un método fiable (durante la realización de un SLS en hombres, muestra un CCI de 0,88 entre días y de 0,86 en el mismo día) (112). Otros estudios también informan de un coeficiente de correlación intraclase entre diferentes días de 0,88 durante la realización de una tarea de tipo SLS, lo que refuerza la fiabilidad del método (38)(116).

A través de las medidas de error, los investigadores y clínicos pueden saber si los cambios en el rendimiento entre un pre-test y un post-test son simples errores de medida o verdaderos cambios en el rendimiento individual. Esto es particularmente importante cuando se investiga el efecto de una intervención en el rendimiento (112). Dentro de este tipo de medidas tenemos el error estándar de medida y la diferencia mínima detectable. El primero estima la precisión de una medida particular y ofrece un rango en el cual las mejoras en los resultados de los individuos tienden a ser simples errores de medida (118). El segundo, nos indica el cambio mínimo en el resultado que puede considerarse como estadísticamente significativo (119). Si queremos estudiar los efectos de una intervención en el FPPA de rodillas en 2D durante la realización de un SLS en hombres, es importante tener en cuenta que vamos a tener un error estándar de medida de 2,75 grados, y una diferencia mínima detectable de 7,63 grados. Estas medidas se han establecido a partir de un estudio que utilizó una muestra de 10 hombres recreativamente activos con los siguientes datos antropométricos: edad media de $22,6 \pm 3,1$ años, peso medio de $75,8 \pm 7,9$ kg y altura de $1,77 \pm 0,06$ m (112).

Por lo tanto, se puede decir que aunque la técnica en 2D para evaluar el FPPA de rodillas no es un método que pueda sustituir a la técnica en 3D, sí que es útil para identificar a los individuos que tienen alto riesgo (115)(116)(117). Parece que los individuos que demuestren un excesivo FPPA en 2D tendrán una cinemática en 3D que les hará más susceptibles a padecer diferentes trastornos de rodilla como la rotura del LCAE o el síndrome patelofemoral (120)(38). Por lo tanto, a través de los errores de medida, puede ser útil para evaluar el valor de programas de entrenamiento y de intervención en la reducción del valgo dinámico en ausencia de sistemas más sofisticados como el 3D (120)(116)(112).

Análisis de datos

Los marcadores del MMII se utilizan para calcular el FPPA a partir de las imágenes digitales durante la realización del SLQ, y para calcular la flexión de rodillas durante el SML. Este análisis se llevará a cabo a través de la importación de estas imágenes digitales en el software informático Kinovea.

Durante la realización de las diferentes tareas, el autor del estudio digitalizó a todos los sujetos a través de las siguientes pautas:

- Single Leg Squat Test (SLS)

La fase descendente fue definida desde el inicio del movimiento hasta que se alcanza la máxima flexión de rodillas (121). En el momento en el que se da la mayor flexión de rodillas se recoge el FPPA para cada uno de los intentos y los resultados son mediados y usados para el análisis estadístico (112)(113)(38).

Otro posible método para el análisis cinemático del FPPA durante el SLQ sería recoger una imagen digital en el segundo 2 de la tarea. Como sabemos este test tiene una duración de 5 segundos desde que el sujeto inicia el movimiento hasta que lo finaliza. Estudios piloto determinan que el ángulo de flexión de rodillas en el segundo 2 de la fase descendente es similar al ángulo de flexión de rodillas asociado con el pico de momento de extensión de rodillas durante la carrera y el salto (116).

El autor del presente estudio opta por realizar el análisis cinético y cinemático del FPPA durante el SLS teniendo en cuenta el primero de los dos modelos planteados.

- Single Medial Drop Landing (SML)

El ciclo de movimiento se estableció desde el contacto inicial hasta el pico, el cual fue operativamente definido como el momento en el que se observa el mayor grado de flexión de rodillas (PK). Se obtienen imágenes digitales de la flexión de rodillas durante el momento de PK. La cinemática de rodillas fue recogida para cada intento y fue mediada y usada para el análisis estadístico (30).

4.4 Análisis estadístico:

El análisis estadístico se llevó a cabo a través del programa informático SPSS versión 21.

Primero se comprobó la normalidad de todas las variables a través de la prueba estadística de normalidad Shapiro-Wilk. Esta se lleva a cabo para muestras menores de 30 sujetos. Una vez que se realizó el estudio de la normalidad, se llevan a cabo pruebas estadísticas para comparar los resultados de los pre-tests con los del post-test, y de esta manera establecer si existen diferencias significativas entre ambos. Esto nos sirve para conocer la eficacia de la intervención en las variables que nos interesa medir: la capacidad física medida a través del TP2, la flexión de rodillas medida durante la realización de una tarea de tipo SLM, el FPPA de rodillas medido durante la realización de una tarea de tipo SLS y la fuerza de los abductores y extensores de cadera de los dos miembros inferiores medida a través de un dinamómetro manual.

Para ello, en el caso de que las variables fuesen normales se va llevar a cabo la siguiente prueba paramétrica: prueba T para dos muestras emparejadas. Este es el caso de la capacidad física, la fuerza de los abductores derechos, la fuerza de los abductores izquierdos, la fuerza de los extensores derechos, la fuerza de los extensores izquierdos y la flexión de rodillas de la pierna dominante. Sin embargo, en el caso de que no fuesen normales llevará a cabo la siguiente prueba no paramétrica: Prueba de Wilcoxon. Este es el caso del FPPA de la rodilla derecha y del FPPA de la rodilla izquierda. Se sitúa un nivel alfa de significancia para todos los test de $P \leq 0.05$.

Se calcula también la media y la desviación estándar de todas las variables: capacidad física pre y post, fuerza de los abductores de cadera derechos pre y post, fuerza de los abductores de cadera izquierdos pre y post, flexión de rodillas de la pierna dominante pre y post, FPPA de rodilla izquierda pre y post, y FPPA de rodilla derecha pre y post.

4.5 Planificación del entrenamiento:

Como hemos comentado previamente, se implanta un programa de entrenamiento basado en el método paleotraining® en un grupo de futbolistas amateurs durante 5 semanas. Se llevarán a cabo 3 sesiones a la semana que coincidirán con los días de entrenamiento. El entrenador del equipo nos permitirá llevar a cabo el programa durante los primeros 25-30 minutos de cada entrenamiento: Las primeras sesiones de la semana, como están más destinadas al trabajo físico, llegaremos a tener incluso más tiempo que el señalado y la última sesión, como está más destinada al trabajo técnico-táctico, dispondremos de un poco menos tiempo.

Durante la realización de este se sigue una progresión en la carga de los entrenamientos: en la intensidad, en el tipo de ejercicios, en los métodos de entrenamiento y en el volumen. La primera semana será la semana de carga 1. Aunque debería de ser un periodo de poca intensidad, debido a la realización de los test paleo, aumenta. La cuarta semana será la de mayor carga y la quinta la de recuperación o regeneración.

A cada entrenamiento le va corresponder un nivel de intensidad personal (NIP) que se refiere al % de intensidad subjetiva del paciente, considerándose el NIP máximo el 100%. Por lo tanto, el NIP será un % que podrá variar entre el 0 y el 100. La intensidad de los entrenamientos en la mayoría de los casos supera el 85%, por lo que se puede hablar de HIIT ("High Intensity Interval Training"). Si esta se sitúa entre el 65-85 % se habla de MIIT ("Medium Intensity Interval Training") y por debajo de 65% se habla de LIIT ("Low Intensity Interval Training").

A cada semana se le determina su High Medium Low (HML), que hace referencia al nivel total de Intensidad durante este tiempo. Nos va decir cuántas sesiones principales de HIIT, MIIT o LIIT vamos a realizar durante este periodo. Por ejemplo, si durante una semana hacemos una sesión principal de HIIT y dos de MIIT, habrá un HML de 1-2-0.

Criterios y restricciones para la selección de los ejercicios:

1. El propósito del trabajo: vamos a aplicar el paleotraining® en un equipo de fútbol para ver su eficacia respecto al aumento de la fuerza de los extensores y abductores de cadera, la disminución del FPPA de rodillas y el aumento de la flexión de la misma. De esta manera, podremos o no considerarlo como posible método de prevención de lesiones de LCA.
2. La dificultad de los ejercicios: tenemos que tener en cuenta que estamos realizando el plan para un grupo de futbolistas amateurs, por lo que tenemos que modular tanto los ejercicios como la intensidad del método de entrenamiento que utilicemos, a sus capacidades.
3. El material disponible: existen algunos ejercicios que debido al material que requieren para su realización no han podido ser seleccionados.
4. El equipo: ante todo, no nos podemos olvidar que estamos ante un grupo de futbolistas amateurs, que juegan al fútbol por lo que supone la práctica deportiva y para disfrutar de la misma. Teniendo en cuenta este aspecto, tendremos que planificar las sesiones lo más lúdicas y dinámicas posibles, haciendo todo lo posible para adaptar las sesiones a las preferencias del entrenador.

4.5.1 1ª semana

Tabla 2. Descripción de la 1ª semana del programa de entrenamiento

Semana	Días	NIP 1	NIP 2	Volumen	Entreno
1	Lunes	90%	60%	23 (15 + 8)	TP1 + MRP
1	Martes	60%		30	MRP
1	Jueves	90%	60%	25 (15 + 10)	TP2 + MRP

Total

HML: 2-0-1	78 min
------------	--------

Características:

Debido a los test el HML es de 2-1-0, pero debería de ser de 1-1-1.

Lunes: Test Paleo 1 (TP1) y Metabólico de Resistencia Puro:

- TP1: Realizar todas las repeticiones que sean posibles durante 1 min. de 4 ejercicios. Entre ejercicios y ejercicio descansaremos 2-3 min.. Anotar el número de repeticiones. Se considera que el NIP durante la realización de este test es del 90%.

- Ejercicios: Saltos verticales, Flexión de rodillas, Sentadillas, Abdominales frontales.

- MRP: No descansar más de 5 min. y correr 8-10 min. a una intensidad relativa del 60 %, que nos permita mantener una conversación.

Martes: Metabólico de Resistencia Puro:

- MRP: Correr 30 min. a una intensidad relativa del 60%, a un ritmo en el que se pueda mantener una conversación. Es importante realizar esta sesión de regeneración entre las dos sesiones de HIIT, ya que, es la primera semana del entrenamiento y los jugadores no están acostumbrados a tanta intensidad de trabajo.

Jueves: Test Paleo 2 y Metabólico de Resistencia Puro:

- TP2: Circuito de 4 ejercicios realizados en el test paleo 1 durante 15 min. de ejercicio continuo. Si en algún momento tienen que parar, descansar lo mínimo y continuar. Para cada ejercicio realizaremos 1/3 parte de las repeticiones realizadas en el Test Paleo 1. Se considera que el NIP durante la realización de este test es del 90%. Anotaremos el número de vueltas al circuito. Teniendo en cuenta el número de vueltas calcularemos el número de repeticiones realizadas, lo que nos dará una puntuación final que utilizaremos para establecer el nivel físico de los jugadores y a partir de aquí planificar las 5 semanas del programa.

Puntuación final:

Nivel 1: menos de 300 rep.

Nivel 2: 300-500 rep.

Nivel 3: más de 500 rep.

- MRP: no descansar más de 5 min. y volveremos a realizar el mismo ejercicio de regeneración llevado a cabo en la sesión número 1 del lunes.

4.5.2 2ª semana:

Tabla 3. Descripción de la 2ª semana del programa de entrenamiento

Semana	Días	NIP 1	NIP 2	Volumen	Entreno
2	Martes	90%	85%	38 (15 + 23)	Tabata + Diagonales y posesiones
2	Jueves	85%		15	Spartacus
2	Viernes	75%		20	CAP (carrera paleo)

Total

HML: 2-1-0	73 min
------------	--------

Características:

En esta semana la HML aumenta respecto a la anterior, ya que pasa de un 2-0-1 a un 2-1-0. El volumen se mantiene muy parecido.

Se realizan 2 sesiones de intervalos con pausa, para trabajar la tolerancia al lactato a través de los sistemas de aclarado. Al final de la semana realizaremos 1 sesión de recuperación debido al partido del fin de semana y para estimular el cardiodesarrollo y la capilaridad.

Los entrenamientos secundarios, aunque disminuyen su cantidad, aumenta su dificultad y la intensidad.

Martes: Tabata y Diagonales + Posesión:

- Tabata: 4 rondas y en cada una de ellas se trabaja de forma específica un ejercicio. Cada ronda tiene 6 series y cada una consta de 20 seg. de trabajo y 10 seg. de descanso. Entre rondas vamos a descansar de forma pasiva durante un min.. Las rondas dependen del nivel (1/3, 2/4 y 3/5). Se considera que el NIP durante la realización de este método de entrenamiento es del 90% y tiene una duración de 15 min. en total.

- Ejercicios: Abdominal pendular, Sentadilla, Prone plank y Burpees.

- Diagonales + Posesión: Se organizan dos equipos, diferenciados por la ropa (peto de diferentes colores). Se realizan 3 series de posesiones de 5 min. de duración cada una de ellas. En estas últimas, se trata de que cada equipo intenta mantener el balón en su posesión durante el mayor tiempo posible e intenta hacer gol realizando un pase raso a un compañero del mismo equipo a través de diferentes porterías distribuidas sobre el campo de juego. Se realiza sobre la mitad del terreno de juego y en cada serie se establecen reglas diferentes:

1. En la primera, hay hasta cuatro porterías para hacer gol, y es necesario realizar al menos 4 pases con compañeros para poder hacer gol.
2. En la segunda solamente hay 2 porterías, una de ellas asignada a uno de los equipos y la otra al contrario.
3. En la última serie, se divide el terreno de juego en dos zonas. Para poder hacer gol es necesario que uno del equipo realice un pase raso o elevado a un compañero mientras que este último, tiene que estar realizando un desmarque de forma simultánea de un campo al otro.

Al terminar cada una de estas series de posesiones, todos los jugadores realizan diagonales, que consisten en correr a una intensidad del 60% del NIP a través de 3 de los 4 bordes que limitan el cuadrado del medio del campo donde se trabaja. Cuando llegan

a la cuarta esquina tienen que esprintar al 100% del NIP realizando una diagonal desde esta última hacia la esquina del lado contrario. Después de cada serie de posesiones, se hacen 2 rondas de diagonales y se descansa 1 min. antes de empezar con la siguiente serie.

Durante las posesiones se intercala la intensidad de trabajo dependiendo del contexto de juego (si la pelota está más o menos cerca del jugador, si le toca defender o por el contrario es poseedor del esférico, etc.). Durante las diagonales, se trabaja al 100% del NIP durante la realización de las mismas, y al 60% durante los periodos de recuperación. La duración total de trabajo es de 23 min. (15 min. de posesiones, 2 min. de reposo, 6 min. de diagonales).

Jueves: Spartacus:

- Spartacus: Se hacen dos rondas a un circuito de 6 ejercicios. En cada uno de ellos se trabaja durante 1 min., y entre ejercicio y ejercicio se descansa 15 seg.. Entre ronda y ronda 1 min. y medio de reposo. Se considera que el NIP durante la realización de este método de entrenamiento es del 85% y tiene una duración de 15 min. en total (12 min. + 1,5 min. + 1,5 min.: 15 min).

- Ejercicios: Saltos Rana, Prone plank, Plancha lateral (30 seg. hacia cada lado), Abdominales en extensión, Sentadillas y Flexiones estrictas.

Viernes: Carrera Paleo:

- CAP: Correr a un ritmo suave e ir intercalando diferentes ejercicios durante los cuales nos detendremos para luego continuar sin pausa. Las repeticiones no se hacen todas seguidas, cuando notamos un nivel de fatiga medio nos paramos y seguimos corriendo en el punto en el que nos quedamos. Cuando terminamos de realizar las repeticiones que les corresponden a un ejercicio, pasamos a realizar las que les corresponden al siguiente. Realizaremos 4 ejercicios paleo y dependiendo del nivel diferentes repeticiones:

- Nivel 1: 20 min./180 repeticiones. 36 repeticiones de cada ejercicio
- Nivel 2: 20 min./200 repeticiones. 40 repeticiones de cada ejercicio.
- Nivel 3: 20 min./240 repeticiones. 80 repeticiones de cada ejercicio.

La carrera se realiza a un NIP del 60% y los ejercicios al 75%. Este método de entrenamiento tiene una duración total de 20 min.

- Ejercicios: Flexiones de rodillas, Saltos Rana, Abdominales tipo péndulo y Aceleraciones.

4.5.3 3ª Semana

Tabla 4. Descripción de la 3ª semana del programa de entrenamiento

Semana	Días	NIP 1	NIP 2	Volumen	Entreno
3	Martes	90%	60%	40 (10+ 30)	Big paleo+ MRP.
3	Jueves	90%	80% - 100%	25-30(10+ 15)	Intervalo a vueltas + Rondos con sprint
3	Viernes	100%		15	Metabólico de Sprint adaptados al fútbol

Total

HML: 3-0-0	85 min
------------	--------

Características:

En esta semana se incrementa la intensidad de los ejercicios con 3 sesiones de HIIT. Por lo tanto, el HML pasa a un 3-0-0. Se ha de tener en cuenta que, además de las capacidades físicas, también son importantes ejercicios de técnica, táctica y de contexto futbolístico, por lo que no disponemos de todo el entrenamiento para realizar ejercicios del tipo paleotraining. Ello supone, que en nuestro caso, los incrementos de volumen tengan que ser más progresivos y menores en comparación con el plan de entrenamiento que se plantea en el libro "Paleotraining".

Se realizan 2 sesiones de interválicos sin pausa de alta intensidad, con grandes producciones de lactato para estimular la resistencia a mantener concentraciones elevadas del mismo. Por otro lado, el viernes también se llevará a cabo una sesión principal de metabólicos de sprint adaptados al fútbol, para mejorar el umbral anaeróbico del futbolista a través de ejercicios lúdicos.

Se ejecutan también 2 sesiones de trabajo secundario: la primera de ellas consiste en un metabólico de resistencia puro al 60% del NIP, como recuperación tras el Big Paleo; la segunda consiste en un trabajo adicional para estimular la resistencia anaeróbica láctica y aláctica combinado con un ejercicio de rondos.

Martes: Big Paleo y Metabólico de Resistencia Puro

- Big Paleo: 4 vueltas a un circuito formado por 4 ejercicios, el último de ellos es de función desplazamiento (correr). Este se realiza al 95% del NIP. En cada vuelta se realizan 15 repeticiones de cada uno de los otros 3 ejercicios al 90% del NIP. Se aconseja no realizar más de 50 repeticiones por vuelta. Se considera que el NIP durante la realización de este método de entrenamiento es del 90% y tiene una duración de 10 min. en total (1,5 x 4: 6 min. + 4 min.= 10 min.).

La duración del ejercicio de la función desplazamiento depende del nivel de los jugadores:

Nivel 1: 1 min. de desplazamiento al 95% del NIP.

Nivel 2: 1 min. y medio de desplazamiento al 95% del NIP.

Nivel 3: 2 min. de desplazamiento al 95% del NIP.

- Ejercicios: Abdominales pendulares, Saltos verticales, Flexiones y Correr.

- MRP: correr 30 min. a un NIP del 60%. No descansar más de 5 min. entre el ejercicio anterior y este.

Jueves: Intervalo a Vueltas y Rondos + Sprint:

- Intervalo a Vueltas: 3 vueltas a un circuito formado por 3 ejercicios. Se trabaja durante 1 min. en cada ejercicio (no existe un número máximo de repeticiones). Si los sujetos lo necesitan se detienen, pero se les pide que sigan lo antes posible. No se descansa entre ejercicio y ejercicio, y entre vuelta y vuelta 15 seg. de descanso. Se considera que el NIP durante la realización de este método de entrenamiento es del 90% y tiene una duración de 10 min. en total ($1 \times 3 = 3$ min. $\times 3 = 9$ min. de ejercicio + 30 seg. de descanso: 9 min. 30 seg.).

- Ejercicios: Prone plank, Sentadillas y Progresiones (20 metros, vuelta a trote (al 60% del NIP, en fila de dos)).

- Rondos + Sprint: Se organizan 4 rondos, uno en cada una de las esquinas del campo de juego. En cada rondo participan 5 jugadores, 4 intentan mantener la posesión del balón mientras que el otro tratará de robárselo a sus compañeros, exceptuando en uno donde habrá 4 jugadores esperando a que venga un compañero desde otro de los rondos para ocupar el rol de robador. Para poder mantener la posesión del esférico, los jugadores pueden realizar un máximo de dos toques de balón y se juega en un espacio bastante reducido. Cuando el individuo recupera la pelota (no basta con tocar el balón) pasa a ocupar el papel de poseedor del balón en el mismo grupo, mientras que el que la ha perdido tiene que ir haciendo un sprint máximo al rondo que queda libre para ocupar el papel de robador. Durante los sprint se trabaja con un NIP del 100% y durante los momentos de robo de balón con un NIP del 90%. El grupo que espera la llegada del robador se tomará el tiempo de espera como de recuperación. Tiempo de trabajo: 15 min..

Viernes: Metabólico de Sprint adaptados al fútbol:

- Metabólico de Sprint adaptado al fútbol: En una zona de juego equivalente a la mitad de un campo de fútbol se coloca en lo que correspondería como el centro de la zona de juego un área de 9 metros cuadrados (3 x 3) marcada con 4 conos. Por otro lado, se coloca una zona similar (de 2 x 2 metros) en cada una de las esquinas del terreno de juego. Cada una de las zonas situadas a nivel de las esquinas están identificadas con un color diferente (azul, amarillo, rojo y verde). A cada una de las zonas se la enumera del 1 al 4. Los jugadores estarán en la zona del centro del campo, empujándose y deambulando a través de la zona delimitada con los 4 conos, y cuando el entrenador pronuncia cualquiera de los 4 colores o números, tienen que esprintar hacia el área que corresponde. Los dos jugadores que llegan en último lugar tienen como castigo alguno

de los siguientes ejercicios: 15 abdominales, 15 sentadillas, 15 saltos o 15 flexiones.
Duración del ejercicio 15 min..

4.5.4 4ª Semana, semana de carga

Tabla 5. Descripción de la 4ª semana del programa de entrenamiento

Semana	Días	NIP 1	NIP 2	Volumen	Entreno
4	Martes	90%	60%	48 (23+ 25)	Huracan y MRP
4	Jueves	90%	90%	20-25(10+ 12)	Interválico de tiempo + Metabólico de cambios
4	Viernes	100%		15	Metabólico Sprint

Total

HML: 3-0-0	80-85 min
------------	-----------

Características:

Esta semana la intensidad del entrenamiento aumenta a un HML de 3-0-0, con hasta 4 sesiones de HIIT y una secundaria de MIIT. El volumen de entrenamiento se incrementa hasta los 80-85 min..

Se trabaja un interválico sin pausa y un interválico con pausa bastante potentes. Además se realizan 2 sesiones de metabólicos de umbral (una como entrenamiento principal y otra como entrenamiento secundario) para mejorar el umbral aeróbico-anaeróbico del futbolista.

Martes: Huracán + MRP:

- Huracán: 3 vueltas a un circuito de 5 ejercicios. Se trabaja cada ejercicio durante 1 min., y entre cada ejercicio se descansan 30 seg.. Entre cada vuelta se reposa 1 min.. Se considera que el NIP durante la realización de este método de entrenamiento es del 90% y tiene una duración de 23 min. en total (7 min. x 3 = 21 min. + 2 min. = 23 min.).

- Ejercicios: Saltos verticales, Prone plank, Sentadillas, Flexiones y Carrera

- MRP: correr 20-25 min. a un NIP del 60% para regenerar. No descansar más de 5 min. entre el ejercicio anterior y este.

Jueves: Intervalo a Tiempo + Metabólico de Cambios:

- Intervalo a Tiempo: Un circuito con 5 ejercicios, se realizan 10 repeticiones a cada ejercicio. Se trabaja durante 10 min. y se contabiliza el número de vueltas y repeticiones. Se considera que el NIP durante la realización de este método de entrenamiento es del 90% y tiene una duración de 10 min. en total.

- Ejercicios: Burpees, Abdominales frontales, Flexiones paleo, Sentadillas y Abdominales pendulares.

- Metabólico de Cambios: Se corre durante 12 min., 4 min. al 50-60% del NIP, 3 min. al 80-90%, 2 min. al 50-60% y 3 min. al 80-90% para acabar. Se considera que el NIP

durante la realización de este método de entrenamiento es del 90% y tiene una duración de 12 min. en total.

Viernes: Metabólico de Sprint:

- Metabólico de Sprint: Se realiza el juego del pañuelo adaptado al fútbol. Para ello se divide el equipo en 4 grupos de 4 jugadores, de tal forma que el primer grupo se enfrenta al segundo, y el tercer grupo al cuarto. A cada uno de los integrantes de cada grupo se le asigna un número del 1 al 4. Los grupos que se enfrentan se sitúan en áreas diferentes separadas entre ellas por una distancia de 50 metros. Aproximadamente donde corresponde con la zona del medio entre este trayecto se sitúa una portería formada por 2 conos (con una anchura de 50 cm.) y dos balones. Cuando el entrenador dice uno de los 4 números, los jugadores a los que corresponde este último corren a sprint para coger uno de los 2 balones que se encuentran en la zona central y después con la posesión del balón en sus pies tienen que continuar esprintando hasta su área. Nada más llegar a esta última tienen que intentar meter gol en la portería, pero para ello no se pueden detener para perfilar el tiro. Cuando uno de los dos equipos consigue anotar se contabiliza con un punto. Al final del ejercicio se suman todos los puntos logrados por cada uno de los equipos, y el que más puntúa se considera como vencedor. El equipo vencido tiene como castigo la realización de una serie de 20 abdominales, 20 flexiones y 20 sentadillas. Se considera que el NIP durante la realización de este método de entrenamiento es del 100% y va tiene una duración de 15 min. en total.

4.5.5 5ª semana, semana de recuperación

Tabla 6. Descripción de la 5ª semana del programa de entrenamiento

Semana	Días	NIP 1	NIP 2	Volumen	Entreno
5	Martes	75%		20	CAP
5	Jueves	90%	60%	25(15+ 10)	TP2 + MRP
5	Viernes	60%		20	MRP

Total

HML: 1-1-1	60-65 min
------------	-----------

Características:

Esta semana la intensidad de los entrenamientos disminuye y vamos a tener un HML de 1-1-1. El volumen de entrenamiento disminuye hasta los 65 min..

Está diseñada para la recuperación o regeneración. No debería de haber ningún entrenamiento HIIT, y el HML debería ser de un 0-2-1. Sin embargo, debido a la repetición del TP2 si que se realiza un entrenamiento de tipo HIIT.

Martes: Carrera Paleo:

- CAP: Correr a un ritmo suave e ir intercalando diferentes ejercicios durante los cuales se detiene para luego continuar sin pausa. Las repeticiones no se hacen todas seguidas, cuando se nota un nivel de fatiga medio se para y se sigue corriendo en el punto en el que se ha quedado. Cuando se terminan las repeticiones que les corresponden a un ejercicio se continúa con las del siguiente. Se realizan 4 ejercicios paleo y dependiendo del nivel diferentes repeticiones:

- Nivel 1: 20 min./180 repeticiones. 36 repeticiones de cada ejercicio
- Nivel 2: 20 min./200 repeticiones. 40 repeticiones de cada ejercicio.
- Nivel 3: 20 min./240 repeticiones. 80 repeticiones de cada ejercicio.

La carrera se realiza a un NIP del 60% y los ejercicios al 75%. Este método de entrenamiento tiene una duración total de 20 min..

- Ejercicios: Flexiones de rodillas, Saltos Rana, Abdominales tipo péndulo y Aceleraciones.

Jueves: Test Paleo 2 y Metabólico de Resistencia Puro:

-TP2: Se vuelve a realizar el TP2 que se llevo a cabo durante la primera semana. Se apunta el número de vueltas que los sujetos dan al circuito y la cantidad de repeticiones que se realizan en la última vuelta que le dan al mismo. A partir de estos datos se calcula el número de repeticiones que ha realizado cada individuo y de esta manera se conoce cuál es su capacidad físico actual y cómo ha evolucionado durante la intervención. En el caso de que se desee continuar con el programa, esta información también serviría para planificar el siguiente mes de entrenamientos de forma individualizada. Recordamos:

Nivel 1: menos de 300 rep.

Nivel 2: 300-500 rep.

Nivel 3: más de 500 rep.

- MRP: No descansar más de 5 min. y correr 8-10 min. a una intensidad relativa del 60 %, que nos permita mantener una conversación. Sirve para regenerar el organismo después de haber realizado el TP2.

Viernes: Metabólico de Resistencia Puro:

- MRP: Correr 20 min. a una intensidad relativa del 60%, a un ritmo en el que se pueda mantener una conversación. Es importante realizar esta sesión de regeneración para terminar la semana y recuperarse bien del TP2.

5. RESULTADOS

En el siguiente apartado se muestran los resultados estadísticos recogidos a través de las pruebas realizadas en el pre-test/post-test, y mediante los test sobre capacidad física que se llevaron a cabo durante la primera y la última semana de la intervención (TP2).

Dentro del análisis de resultados relacionado con las pruebas realizadas durante los pre-test y post-test, se estudian los valores relacionados con la fuerza de los abductores y extensores de cadera medido a través de un dinamómetro manual, la flexión de rodillas durante la realización de una tarea tipo "Single Leg Medial Landing" (SLM) y el FPPA de rodillas durante la realización de una tarea de tipo "Single Leg Squat" (SLS).

Primero se realiza un análisis descriptivo de las diferentes variables estudiadas. Después, a través de diferentes pruebas estadísticas que se utilizan para comparar medias (prueba T student para muestras emparejadas) o medianas (prueba de Wilcoxon), se estudia si se han dado cambios significativos entre las mediciones realizadas en el pre-test y las realizada en el post-test, y entre la capacidad física durante la 1 semana de la intervención y la última.

5.1 Análisis descriptivo

5.1.1 Capacidad física

Tabla 7. Análisis descriptivo de la capacidad física

Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Desvest
TP2 Pre	17	346	413	374,64	+/- 21,65
TP2 Post	17	421	567	502,94	+/- 34,72

En cuanto a la capacidad física de los jugadores medida a través del TP2, si comparamos las medias de los valores de este test, realizado durante la primera y durante la última semana del entrenamiento, podemos ver un aumento en el número de repeticiones realizadas del 134,24%.

Por otro lado, así como durante la primera semana de la intervención todos los sujetos son introducidos dentro del nivel 2 de capacidad física, durante la última semana la mayor parte de los sujetos (9 jugadores) logran ascender al nivel 3 de capacidad física. Además se observa que la media de las repeticiones realizadas durante el test sitúa a este grupo dentro del nivel 3 de capacidad física.

Tabla 8. Análisis descriptivo de la asistencia

N	Mínimo	Máximo	Asistencia Media	Desvest	% de asistencia
17	10	15	13,16	2,06	87,73%

En cuanto a la asistencia a los entrenamientos hay que señalar que la media se sitúa en 13,16 sesiones. Considerando que la intervención tenía 15 sesiones (3 por semana), se puede decir que ha habido una participación media del 87,73%. Comentar también que 7 jugadores han completado todos los entrenamientos planificados y que solo un sujeto ha participado en 10, que se establece como el límite mínimo de asistencia.

5.1.2 Fuerza abductores de cadera

Tabla 9. Análisis descriptivo de la fuerza de los abductores de cadera

Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Desvest
Fuerza Abd. Drch. Pre	16	178	370,00	258,59	50,13
Fuerza Abd. Drch. Post	16	292	452,00	360,28	43,21
Fuerza Abd. Izq. Pre	16	173	375,00	259,68	49,06
Fuerza Abd. Izq. Post	16	274	433,50	354,18	49,24

En cuanto a la fuerza dinamométrica de los abductores de cadera el análisis descriptivo también nos muestra varios datos de interés.

Si comparamos las medias de la fuerza dinamométrica de los abductores de cadera derechos, medida durante el pre-test y la medida durante el post-test, se observa un aumento en la segunda respecto a la primera del 39,32%.

Por otro lado, si comparamos las medias de la fuerza dinamométrica de los abductores de cadera izquierdos, medida durante el pre-test y la medida durante el post-test, se observa un aumento en la segunda respecto a la primera del 36,39%.

5.1.3 Fuerza extensores de cadera

Tabla 10. Análisis descriptivo de la fuerza de los extensores de cadera

Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Desvest
Fuerza Ext. Drch. Pre	14	128,00	355,00	242,35	62,89
Fuerza Ext. Drch. Post	14	197,00	390,00	293,57	63,23
Fuerza Ext. Izq. Pre	14	146,00	319,50	222,03	50,75
Fuerza Ext. Izq. Post	14	222,00	397,00	305,35	53,70

En cuanto a la fuerza dinamométrica de los extensores de cadera el análisis descriptivo también nos muestra varios datos de interés.

Si comparamos la media de la fuerza dinamométrica de los extensores de cadera derechos, medida durante el pre-test con la media de la fuerza medida durante el post-test, se observa un aumento en la segunda respecto a la primera del 21,13%.

Por otro lado, si comparamos las media de la fuerza dinamométrica de los extensores de cadera izquierdos, medida durante el pre-test con la media de la fuerza medida durante el post-test, se observa un aumento en la segunda respecto a la primera del 37,52%.

5.1.4 Grados de flexión de rodilla

Tabla 11. Análisis descriptivo de la flexión de rodillas del miembro inferior dominante

Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Desvest
Grados de Flex. Pre	13	97,33	133,67	113,56	9,48
Grados de Flex. Post	13	88,33	120,00	102,17	9,15

En cuanto a los grados de flexión de la rodilla dominante medidos durante la realización de una tarea de tipo "Single Leg Medial Landing" (SLM) el análisis descriptivo también nos muestra varios datos de interés.

Si comparamos la media de los grados de flexión de la rodillas dominantes durante la realización de una tarea de tipo SLM, medidos durante el pre-test con la de los medidos durante el post-test, se observa un aumento en la segunda respecto a la primera del 11,14%.

5.1.5 Grados del FPPA de rodilla

Tabla 12. Análisis descriptivo del ángulo de proyección frontal de la rodilla (FPPA), de los dos miembros inferiores

Variables	N	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desvest
Grados del FPPA rodilla drch. Pre	13	-31,33	26,67	-15,10	-18,33	15,59
Grados del FPPA rodilla drch. Post	13	-32,33	28,67	-12,35	-14,33	17,83
Grados del FPPA rodilla izq. Pre	13	-22,50	31,00	-4,15	-8,67	13,12
Grados del FPPA rodilla izq. Post	13	-29,67	20,67	-9,51	-11,67	13,62

En cuanto a los grados del ángulo de proyección frontal (FPPA) de la rodilla izquierda y derecha medidos durante la realización de una tarea de tipo "Single Leg Squat" (SLS) el análisis descriptivo también nos muestra varios datos de interés.

Por un lado, es importante decir que tanto en las mediciones realizadas durante el pre-test como en las realizadas durante el post-test, hay una tendencia a que los jugadores desarrollen valgo de rodillas en los dos miembros inferiores. Esto queda reflejado tanto en las medias como en las medianas de los grados del FPPA de las rodillas medidos durante el pre-test y el post-test de las rodillas.

Si comparamos la media de los grados del FPPA de los miembros inferiores derechos durante la realización de una tarea de tipo SLS medidos durante el pre-test con la de los medidos durante el post-test, se observa una disminución en la segunda respecto a la primera del 22,26%. Lo que significa que ha habido una reducción en los valores de valgo de la rodilla derecha.

Por otro lado, si comparamos la media de los grados del FPPA de los miembros inferiores izquierdos durante la realización de una tarea de tipo SLS medidos durante el pre-test con la de los medidos durante el post-test, se observa un aumento en la segunda respecto a la primera del 229%. Lo que significa que ha habido un aumento en los valores de valgo dinámico de la rodilla izquierda.

5.2 Comprobación de la significancia estadística

5.2.1 Capacidad física

Tabla 13. Prueba T para comprobar significancia estadística entre los resultados pre/post del TP2

Variables	N	Media	Desvest	Significancia bilateral
TP2 Pre	17	374,64	+/- 21,65	0,000
TP2 Post	17	502,94	+/- 34,72	

Después de haber realizado una prueba T student para muestras emparejadas para conocer si hay diferencias significativas entre la capacidad física medida a través del TP2 durante el pre-test y entre la medida durante el post-test, se acepta la hipótesis alternativa: Hay una diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia bilateral de 0,00 que será más baja que el nivel de significancia alfa (0,05).

5.2.2 Fuerza abductores de cadera

Tabla 14. Prueba T para comprobar significancia estadística entre los resultados pre/post de la fuerza isométrica

Variables	N	Media	Desvest	Significancia bilateral
Fuerza Abd. Drch. Pre	16	258,68	49,93	0,000
Fuerza Abd. Drch. Post	16	357,37	42,68	
Fuerza Abd. Izq. Pre	16	264,50	54,53	0,000
Fuerza Abd. Izq. Post	16	358,06	45,46	

Después de haber realizado una prueba T student para muestras emparejadas para conocer si hay diferencias significativas entre la fuerza de los abductores derechos medida a través del dinamómetro manual durante el pre-test y entre la medida durante el post-test, se acepta la hipótesis alternativa: Hay una diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia bilateral de 0,00 que será más baja que el nivel de significancia alfa (0,05).

Tras haber realizado una prueba T student para muestras emparejadas para conocer si hay diferencias significativas entre la fuerza de los abductores izquierdos medida a través del dinamómetro manual durante el pre-test y entre la medida durante el post-test, se acepta la hipótesis alternativa: Hay una diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia bilateral de 0,00 que será más baja que el nivel de significancia alfa (0,05).

5.2.3 Fuerza extensores de cadera

Tabla 15. Prueba T para comprobar significancia estadística entre los resultados pre/post de la fuerza isométrica

Variables	N	Media	Desvest	Significancia bilateral
Fuerza Ext. Drch. Pre	14	242,39	62,73	0,004
Fuerza Ext. Drch. Post	14	293,60	63,23	
Fuerza Ext. Izq. Pre	14	222,10	50,77	0,000
Fuerza Ext. Izq. Post	14	305,57	53,70	

Después de haber realizado una prueba T student para muestras emparejadas para conocer si hay diferencias significativas entre la fuerza de los extensores derechos medida a través del dinamómetro manual durante el pre-test y entre la medida durante el post-test, se acepta la hipótesis alternativa: Hay una diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia bilateral de 0,004 que será más baja que el nivel de significancia alfa (0,05).

Tras haber realizado una prueba T student para muestras emparejadas para conocer si hay diferencias significativas entre la fuerza de los extensores izquierdos medida a través del dinamómetro manual durante el pre-test y entre la medida durante el post-test, se acepta la hipótesis alternativa: Hay una diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia bilateral de 0,00 que será más baja que el nivel de significancia alfa (0,05).

5.2.4 Grados de flexión de rodillas

Tabla 16. Prueba T para comprobar significancia estadística entre los resultados pre/post de la flexión de rodillas

Variables	N	Media	Desvest	Significancia bilateral
Grados de Flex. Pre	13	113,56	9,48	0,000
Grados de Flex. Post	13	102,17	9,15	

Después de haber realizado una prueba T student para muestras emparejadas para conocer si hay diferencias significativas entre los grados de flexión de rodillas durante la realización de una tarea de tipo SLM, medidos en el periodo pre-test y entre los grados medidos durante el post-test, se acepta la hipótesis alternativa: Hay una diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia bilateral de 0,000 que será más baja que el nivel de significancia alfa (0,05).

5.2.5 Grados del FPPA de rodilla

Tabla 17. Prueba T para comprobar significancia estadística entre los resultados pre/post del FPPA

Variables	N	Media	Desvest	Significancia asintótica bilateral
Grados del FPPA rodilla drch. Pre	13	-15,10	15,59	0,463
Grados del FPPA rodilla drch. Post	13	-12,35	17,83	
Grados del FPPA rodilla izq. Pre	13	-4,15	13,12	0,075
Grados del FPPA rodilla izq. Post	13	-9,51	13,62	

Después de haber realizado una prueba de Wilcoxon para conocer si hay diferencias significativas entre los grados del FPPA de las rodillas derechas durante la realización de una tarea de tipo SLS, medidos en el periodo pre-test y entre los grados medidos durante el post-test, se acepta la hipótesis nula: No hay una diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia asintótica bilateral de 0,463 que será mayor que el nivel de significancia alfa (0,05).

Tras haber realizado una prueba de Wilcoxon para conocer si hay diferencias significativas entre los grados del FPPA de las rodillas izquierdas durante la realización de una tarea de tipo SLS, medidos en el periodo pre-test y entre los grados medidos durante el post-test, se acepta la hipótesis nula: No hay una diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia asintótica bilateral de 0,075 que será mayor que el nivel de significancia alfa (0,05).

6. DISCUSIÓN

Después de haber analizado los resultados de nuestro estudio es importante subrayar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la capacidad física de los jugadores, medida a través del TP2 durante la primera semana de la intervención y entre la medida durante la última semana de la misma. Además, teniendo en cuenta que si comparamos las medias del número de repeticiones que han realizado los sujetos entre estas dos mediciones hay un aumento del 134,24% en el segunda con respecto a la primera, se puede confirmar la primera hipótesis del estudio: tras una intervención basada en el método Paleotraining® de 5 semanas y centrada en el trabajo de los abductores de cadera, extensores de la misma y "core" en un grupo de futbolistas amateurs, se va dar un aumento significativo en los valores del TP2 que mide la capacidad física de estos.

Como consecuencia del incremento de las repeticiones obtenidas en los ejercicios de alta intensidad (HIIT) utilizados en los test físicos, se puede confirmar un aumento de la potencia, fuerza muscular, velocidad y resistencia teniendo en cuenta lo que promueven los autores del método (2).

Hay un trabajo previo que va reportar datos muy similares a los de este trabajo (20). En este último se llevó a cabo una intervención con una duración de 4 semanas basada en el método Paleotraining® en 8 jugadores de fútbol amateur, y se observó que todos los participantes mejoraron su estado físico en el Test Paleo 2. Comparando el número de repeticiones realizadas durante la primera medición, con las realizadas en la segunda, se observa que van a mejorar los valores de media 58,25 repeticiones.

Teniendo en cuenta que el Paleotraining® está basado en los HIIT (2), es relevante señalar que tras la aplicación de programas de entrenamiento basados en este método durante 4-6 semanas aumenta el rendimiento de ejercicios de alta intensidad, la capacidad "buffer", el rendimiento aeróbico y la oxidación de grasas de todo el cuerpo (122)(123)(124). Incluso tras la aplicación de un programa de 2 semanas de duración basado en los HIIT que estaba formado por 7 sesiones en las que se trabaja al 90% del Vo2 pico, se ve un aumento en la capacidad del músculo esquelético y de todo el cuerpo para oxidar grasas durante una prueba en bicicleta en la que se trabajaba durante 60 minutos al 60% del VO2 pico, previo a la intervención (125). Esta es una típica respuesta que se observa a largo plazo en estudios sobre entrenamiento de resistencia (126)(127), pero en este caso estas adaptaciones se dan tan solo tras 2 semanas de entreno.

Por otro lado, aunque los protocolos de sprint de larga duración (6-7 semanas) han producido mejoras en el pico de VO2 y en la actividad enzimática mitocondrial (128)(129), durante protocolos más cortos de tan solo seis sesiones de entrenamiento, se observan mejoras en el rendimiento del ejercicio y en la actividad enzimática pero sin incrementos en el VO2 pico (130)(131). Sin embargo, con el protocolo anterior basado

en los HIIT en el que se trabaja de forma intermitente con intervalos de trabajo de 4 minutos al 90% del VO2 pico durante 7 sesiones administradas durante 2 semanas, se consigue mejorar el VO2 pico, la capacidad muscular mitocondrial así como la oxidación de grasas de todo el cuerpo en personas desacondicionadas (125). Aunque en los dos protocolos se trabajaba durante 2 semanas, el tiempo de trabajo total era mayor en el de tipo HIIT, en comparación con el de tipo Esprines (4,7 horas vs 15-18 min), lo que avala la idea de que en el entrenamiento interválico una mejora en el VO2 pico requiere una cantidad específica de ejercicio. Parece por lo tanto, que los HIIT ofrecen un mecanismo para mejorar rápidamente todos estos factores en personas desacondicionadas (125). Teniendo en cuenta que el Paleotraining® deriva de este tipo de protocolos HIIT (2), estas adaptaciones también podrían ser consecuencia de su aplicación en estas poblaciones.

En cuanto a la asistencia a los entrenamientos hay que señalar que la media se sitúa en 13,16 sesiones de las 15, que tenía el programa. Por lo tanto, ha habido una participación media del 87,73%. Ninguno de los sujetos ha acudido a menos de 10 entrenamientos, por lo que no se ha excluido a nadie por no haber realizado al menos 2/3 partes de lo planificado. Teniendo en cuenta la media de las asistencias se puede valorar que la participación ha sido bastante elevada considerando que no son futbolistas profesionales y que la mayor parte tiene que compaginar el trabajo o los estudios con los entrenamientos.

La asistencia es importante debido a que se aprecia que existen diferencias en los resultados entre aquellos participantes que han completado todas las sesiones y entre aquellos que no tienen regularidad para seguir el entrenamiento. Se ha llegado a ver una diferencia de media de 38,5 repeticiones en el Test Paleo 2 entre estos dos grupos (20).

En cuanto a la fuerza de los músculos de la cadera de los jugadores, es importante subrayar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la fuerza de los abductores y extensores de cadera de los dos miembros inferiores, medida a través de un dinamómetro manual, durante el pre-test y entre la medida durante el post-test. Por un lado, si comparamos las medias de la fuerza dinamométrica de los abductores derechos se observa un aumento en la segunda medición con respecto a la primera del 39,32%, y si comparamos la de los izquierdos se observa un aumento del 36,39%. Por otro lado, si comparamos las medias de la fuerza dinamométrica de los extensores derechos, se observa un aumento en la segunda medición con respecto a la primera del 21,13%, y si comparamos la de los izquierdos se observa un aumento del 37,52%. Por lo tanto, se puede confirmar la segunda hipótesis del estudio: tras una intervención basada en el método Paleotraining® de 5 semanas y centrada en el trabajo de abductores de cadera, extensores de la misma y "core" en un grupo de futbolistas amateurs, se verifica un aumento significativo en los valores de fuerza dinamométrica de los abductores y extensores de cadera.

En cuanto a la cinemática de la rodilla de los jugadores, es importante señalar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los grados máximos de flexión de rodillas del miembro inferior dominante, medidos durante el aterrizaje de una tarea de tipo "Single Leg Medial Landing" en el pre-test y entre los medidos en el post-test. Si comparamos la media de los grados medidos durante el pre-test con la de los medidos durante el post-test, se observa un aumento en la segunda medición con respecto a la primera del 11,14%. Sin embargo, tanto en el miembro inferior derecho como en el izquierdo, no se observa una diferencia significativa entre los grados máximos del ángulo de proyección frontal de la rodilla medidos durante la fase descendente de una tarea de tipo "Single Leg Squat" en el pre-test y entre los medidos durante el post-test. A pesar de que si comparamos las medias de los valores obtenidos durante el pre-test y el post-test se obtiene una reducción del FPPA de la rodilla derecha del 22,26% y un aumento del de la izquierda del 229%, si tenemos en cuenta que la diferencia mínima detectable del FPPA de rodillas en 2 dimensiones durante la realización de un SLS es de 7,63 grados (112), se puede interpretar que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las mediciones pre-test y post-test realizadas sobre esta variable cinemática. De hecho, esto se confirma con la prueba de Wilcoxon realizada. Por lo tanto, se puede verificar la tercera y la cuarta hipótesis de mi estudios: tras una intervención basada en el método Paleotraining® de 5 semanas y centrada en el trabajo de abductores de cadera, extensores de la misma y "core" en un grupo de futbolistas amateurs, se observa un aumento significativo en los grados de flexión de las rodillas dominantes medidos durante la realización de una tarea de tipo SLM y no se produce una disminución significativa, en los dos miembros inferiores, en los grados del FPPA de rodillas medidos durante la realización de una tarea de tipo SLS.

Es importante señalar que actualmente no se han llevado a cabo estudios que traten de comprobar si a través de un protocolo de entrenamiento basados en el Paleotraining® se produce un aumento significativo en la fuerza de estos músculos o cambios en variables cinemáticas en futbolistas amateurs. Tampoco se ha estudiado si a través de protocolos fundamentados en los HIIT se pueden llegar a obtener este tipo de adaptaciones neuromusculares. Debido a esto, es complicado y tiene sus limitaciones, comparar los resultados relacionados con factores de riesgo que se han obtenido en este estudio con otras investigaciones que han llevado a cabo diferentes protocolos pero que han intentado influir a través de ellos en los mismos factores.

Hay que tener en cuenta que debido a la mayor incidencia de lesiones de LCAE de las mujeres, en comparación con los hombres, la gran mayoría de los estudios que intentan evaluar los efectos de diferentes protocolos de prevención en factores de riesgo relacionados con la debilidad de los músculos de las caderas y la cinemática articular, se han realizado en este grupo. De hecho, se ha observado que comparándolas con ellos, ellas presentan menores valores de fuerza en los músculos de la cadera y tobillo, incluso

cuando los resultados son normalizados por peso y altura (39)(40)(33)(34). Por otro lado, se ha visto que es más frecuente que las mujeres presenten una alineación en el plano frontal de rodilla en valgo durante tareas como el aterrizaje, el pivotaje o la carrera (42)(33)(34)(43)(44)(45)(45). Analizamos la relación entre los protocolos de prevención, que en la mayor parte de los casos se han llevado a cabo en mujeres, que se han realizado para tratar de disminuir los factores de riesgo que nos interesan (la debilidad muscular y las variables cinemáticas) y el nuestro. Sin embargo, no podemos pasar por alto que existen limitaciones en esta comparación, ya que la mayor parte de estos estudios se han llevado a cabo en atletas femeninas.

Al igual que en nuestra intervención, Baldon et al. (96) realizó un entrenamiento funcional centrado en el fortalecimiento de los abductores y rotadores de cadera, en el cual introdujo un trabajo de estabilidad del core y tronco, y de fortalecimiento de esta musculatura. Sin embargo, él también realizó una serie de ejercicios de propiocepción en cadena cinética cerrada donde además incluyó un entrenamiento de concienciación en el cual va dar feedback para corregir la alineación del miembro inferior. En su intervención, al igual que en la nuestra, se logra aumentar significativamente los valores de fuerza de los abductores al igual que la de los rotadores externos de cadera. Por otro lado, del mismo modo que tras nuestro programa se observa una mejora significativa en el estado físico de los participantes. En éste también se observa una mejora en el rendimiento funcional medido a través de otros test. Sin embargo, en este estudio evaluaron la fuerza excéntrica de esta musculatura de forma isocinética y no la fuerza isométrica a través de un dinamómetro manual. A diferencia de nuestra intervención, tras la aplicación de ésta, sí que se observa una disminución significativa del valgo dinámico de rodillas. En el estudio realizado por Stearns et al (97), se llevó a cabo un protocolo focalizado en el componente pliométrico y en ejercicios de propiocepción. En nuestro estudio también se han llevado a cabo ejercicios pliométricos pero como hemos referido no se realiza un entrenamiento de propiocepción específico. Tras la implementación de esta intervención, al igual que tras la nuestra, se observa un aumento significativo en la fuerza isométrica de los abductores y extensores de cadera y un aumento significativo en los grados de flexión de rodillas y de caderas. Sin embargo, a diferencia de nuestro estudio, y al igual que en el de Baldon et al. (96), se da una disminución en los ángulos de abducción de rodillas. El sistema de entrenamientos realizado por Myer et al. (99), se centró en el fortalecimiento de la musculatura del "core" y de la cadera a través de un programa neuromuscular centrado en el tronco. Al igual que en nuestro estudio, se llevaron a cabo ejercicios para mejorar la estabilidad del tronco y "core", y se logró una mejora significativa en la fuerza de los abductores de cadera. Sin embargo, ellos van a evaluar la fuerza isocinética concéntrica. Por otro lado, Snyder et al. (98), también observa una mejora en la fuerza de los abductores y rotadores externos de cadera. No obstante, se centra en ejercicios propioceptivos en cadena cinética cerrada. Mascal et al. (101), también observa una mejora significativa tras la aplicación de su intervención. Lephart et al. (76), intenta comparar un programa

pliométrico con otro básico en el que se llevan a cabo ejercicios de fortalecimiento, flexibilidad y propiocepción. Los dos grupos tienen una misma fase inicial de 4 semanas de duración en los que se llevan a cabo los ejercicios básicos que hemos comentado, pero en el grupo pliométrico se añade un régimen de ejercicios pliométricos y de agilidad en la segunda fase. De forma similar, como hemos comentado, en nuestra intervención también llevamos a cabo ejercicios pliométricos, de agilidad y de fortalecimiento, pero no un entrenamiento específico en la propiocepción y flexibilidad. Sin embargo, es importante recordar que en el equipo se realiza, dentro de su rutina de entrenamientos, una fase de recuperación, tras la fase principal, en la cual se añaden estiramientos estáticos pasivos de los principales grupos musculares del cuerpo. En el estudio de Lephart et al. (76), se mide la fuerza isocinética concéntrica y se verifica un aumento significativo en esta fuerza en el cuádriceps en los dos grupos, pero sin diferencias significativas entre ellos. En cuanto a las variables cinemáticas, al igual que tras nuestra intervención, se verifica un aumento significativo en los grados de flexión de rodillas en los dos grupos, pero sin diferencias significativas entre ambos.

Richard W. Willy et al. (100), al igual que en la intervención propuesta, también realizó un programa focalizado en el fortalecimiento de los abductores y rotadores externos de los abductores de cadera. Sin embargo, él también realizó de forma específica tareas de tipo "Single Leg Squat" con reeducación neuromuscular a través de feedback verbal y visual. Al igual que en nuestro estudio se produce un aumento en la fuerza isométrica de los abductores y rotadores externos de cadera, medido a través de un dinamómetro manual. A diferencia de nuestro estudio, en este también se dan cambios significativos en la biomecánica del plano frontal de la cadera y rodilla durante la realización de una tarea de tipo SLS: disminuye significativamente la rotación interna y la aducción de la cadera además de la caída de la pelvis contralateral. Sin embargo, no se observan cambios en el patrón biomecánico de la carrera.

Herman et al. (102), al igual que en nuestro estudio, llevó a cabo un sistema de entrenamiento focalizado en el fortalecimiento de los músculos de la cadera, obteniendo una mejora significativa en la fuerza isométrica máxima voluntaria de los abductores y extensores de cadera. Sin embargo, en esta intervención, se centra únicamente en este fortalecimiento y no en los demás componentes, y no se observa ningún cambio significativo en la cinemática de la rodilla.

Como conclusión, parece que los programas de prevención que solo tienen un componente, no tienen un efecto significativo en la disminución de los factores de riesgo biomecánicos en atletas femeninas (102). Por otro lado, parece que las intervenciones neuromusculares que son actividades específicas tienen mejores resultados en los mecanismos aberrantes durante la realización de estas tareas, que las intervenciones centradas únicamente en el fortalecimiento muscular (100). En dos intervenciones en las que se obtiene una mejora en la biomecánica postural durante la realización de una tarea de tipo "Step Down", a pesar de que el entrenamiento incluía el

fortalecimiento muscular, los autores achacan al entrenamiento neuromuscular específico en este tipo de actividades, los resultados obtenidos (101)(132). Por lo tanto, parece que la ausencia de cambios significativos en el FPPA de rodillas durante la realización de una tarea de tipo SLS podría estar asociado con una ausencia, en el protocolo planteado por este estudio, de ejercicios propioceptivos específicos para este tipo de actividades en cadena cinética cerrada. Además el entrenamiento de concienciación, en el que se va emplear una corrección neuromuscular a través de feedback verbal y visual sobre la importancia de la alineación dinámica del miembro inferior y tronco durante la realización de este tipo de actividades también resulta importante y su incorporación en el protocolo podría haber tenido efecto en la disminución del FPPA de rodillas. En cuanto a la cinemática en el plano sagital, parece que tanto en nuestra intervención como en otras (97)(76), la incorporación del componente pliométrico podría jugar un papel clave. En el estudio de Lephart et al. (76), la falta de diferencias significativas entre los dos grupos podría estar relacionado con la duración de la fase pliométrica que podría no ser lo suficientemente larga como para ver beneficios biomecánicos y neuromusculares adicionales con respecto al programa de ejercicios básico. Por otro lado, se puede deducir que se podrían haber alcanzado mejores resultados si a este componente le hubiésemos sumado un entrenamiento de concienciación sobre la biomecánica correcta durante el aterrizaje de los saltos.

Al comparar nuestra intervención con las anteriores no podemos olvidarnos de que se trata de estudios realizados en atletas femeninas. En atletas masculinos, aunque no hemos encontrado estudios que evalúen los cambios que se hayan dado en factores de riesgo relacionados con la debilidad de los músculos de la cadera y la cinemática de la rodilla, sí que hemos encontrado varios que investigan la influencia de diferentes protocolos en el índice de lesiones a largo plazo. En este tipo de estudios llevado a cabo en hombres, se ha visto que protocolos centrados en un solo componente, como en el fortalecimiento (103) o en la propiocepción (133), han conseguido disminuir significativamente los índices de lesión. Sin embargo, son necesarias futuras investigaciones en este grupo que clarifiquen qué protocolos son los más adecuados para reducir los índices de lesión a largo plazo, así como los factores de riesgo que hemos comentado antes.

Si comparamos las ganancias de fuerza observadas en este tipo de estudios, es importante señalar que en nuestro estudio se obtienen aumentos parecidos a los del de Richard W. Willi et al. (100), cuyos resultados suponen una mejora del 41,6% en la fuerza de los abductores de cadera. En el nuestro, se obtiene una mejora del 39,32% en la fuerza isométrica de los abductores de cadera derechos y una mejora del 33,39% en la de los izquierdos. Por otro lado, tras la intervención llevada a cabo por Mascal et al. (101) se produce un aumento del 50% en la fuerza de estos músculos. Sin embargo, hay que aclarar que ésta se llevó a cabo en atletas femeninas con síndrome patelofemoral y que presentaban una excesiva rotación interna y aducción de cadera durante los

movimientos funcionales. Sin embargo, la nuestra se llevó a cabo en futbolistas masculinos sanos y en la de Richard W. Willy et al. en atletas femeninas sin patología. Como conclusión, parece que dependiendo de los déficit de fuerza y los patrones biomecánicos aberrantes que presenten de base los participantes de este tipo de estudios de intervención, se esperará un mayor o menor potencial de mejora. Además, teniendo en cuenta que los hombres presentan mayor fuerza de base que las mujeres (39)(40)(33)(34), parece que éstas podrían tener también un mayor potencial de mejora.

Como hemos comentado en los antecedentes, la fuerza de los músculos de la cadera parece una variable importante para evitar los mecanismos de lesión que conllevan la lesión de LCAE sin contacto. Durante las actividades en carga, los abductores, extensores y rotadores externos de cadera participan en el mantenimiento pélvico y actúan excéntricamente para controlar la excesiva aducción y rotación interna del fémur, así como la excursión de la rodilla en valgo (21)(81)(82)(34). Además la cocontracción de los flexores y extensores de rodilla podrían mejorar la estabilización de la rodilla (25)(26)(70)(23) y disminuir la fuerza de corte anterior de la tibia que será la carga principal que estresa el LCAE (26). Por lo tanto, se espera que el fortalecimiento de esta musculatura mejore el control del miembro inferior en los tres planos de movimiento. Además las variables cinemáticas también tienen mucha importancia. Cuanto mayor sea la flexión de rodillas y de caderas durante la recepción de un impacto, mayor será la absorción de las fuerzas articulares, dándose una ventaja mecánica en los tejidos blandos para dar estabilidad articular (62)(69). Parece que el uso de una técnica de aterrizaje suave con el contacto inicial realizado por el antepie, con la adecuada flexión de caderas y rodillas y con la adecuada alineación de la misma en el plano frontal, disminuye el riesgo de sufrir una lesión de LCAE sin contacto (68). El grado de flexión de rodillas durante el aterrizaje se ha reportado que influye en la habilidad del cuerpo para atenuar las fuerzas articulares del LCAE. Se ha observado que se requiere una mínima flexión de rodillas para que actúen los isquiotibiales y den una fuerza de corte posterior a la tibia que neutralice la carga sobre esta estructura ligamentosa (71)(74) (26).

Sin embargo, en nuestro estudio, a pesar del aumento significativo en la fuerza de los abductores y extensores de cadera no se aprecia una mejora significativa en el plano frontal de la rodilla. Por otro lado, sí que se ve una mejora en la cinemática del plano sagital. Lo que podría estar relacionado con lo reportado por varios estudios realizados en hombres, en los que se ha visto una correlación significativa positiva entre la fuerza de los extensores de cadera y los grados de flexión de rodillas (30). Sin embargo, no se ha observado una correlación significativa negativa entre la fuerza de estos músculos y la cinemática en el plano frontal (93)(92)(30). En las mujeres, sí que se ha visto correlación negativa entre la fuerza de los músculos abductores de cadera y el ángulo de valgo dinámico (92)(88)(30), y entre la de los extensores y éste (91)(88)(30). Ello podría indicar una diferencia de género en la influencia de la fuerza de esta musculatura en la cinemática del miembro inferior, pero hace falta mayor evidencia. Podría ser que

en los hombres la fuerza de los extensores de cadera jugase un rol fundamental, asegurando una técnica de aterrizaje segura y permitiendo una ventaja mecánica para la actuación de los isquiotibiales.

Por otro lado, también resulta importante señalar estudios prospectivos en los que se han llevado a cabo diferentes tipos de protocolos para conocer su efecto en el índice de lesión del LCAE sin contacto a largo plazo.

La mayor parte de los programas de prevención duran entre 6-8 semanas, y muchos de ellos son aplicados durante la pretemporada con 2-3 sesiones por semana. Aunque muchas veces son realizados como ejercicios de calentamiento, se tiene que considerar la introducción de los mismos dentro de las fases principales de las sesiones (68). Los realizados durante la temporada únicamente son probablemente los más rentables y eficientes para lograr los efectos beneficiosos de la prevención, aunque la falta de intensidad de éstos se opone a los efectos de mejora del rendimiento (69). Parece que la realización de éstos durante la pretemporada y el mantenimiento de los mismos durante la temporada podría ser el método más eficaz para la prevención (68)(69). En un estudio donde se llevaba a cabo el programa después del entrenamiento en mujeres, no se apreció una reducción significativa en los índices de lesión de LCAE sin contacto. Por lo tanto, la fatiga es un aspecto que hay que considerar cuando se planifica un programa de prevención, ya que un atleta cansado podría no tener la capacidad para adoptar un nuevo esquema motor (134).

La intervención llevada a cabo en este estudio tuvo una duración de 5 semanas y se llevaron a cabo 3 sesiones por semana. El programa se implantó a mitad de temporada, después del periodo vacacional de navidades y terminó a mediados de febrero. Los entrenamientos se llevaban a cabo durante los primeros 25-30 minutos de cada entrenamiento, evitando la influencia de la fatiga muscular en el aprendizaje de nuevos esquemas motores. A pesar de que el programa duro menos de 6 semanas, sí que observamos una mejora significativa en el estado físico, fuerza dinamométrica de los flexores y extensores de cadera y en la flexión de rodillas máxima medida durante la realización de una tarea tipo "Single Leg Medial Landing".

En el fútbol, para la prevención de lesiones de LCAE, no se ha establecido un programa de intervención estandarizado. El entrenamiento neuromuscular, como hemos visto, parece que es efectivo para reducir los factores de riesgo de esta lesión y para prevenirla, tanto para los jugadores como para las jugadoras de fútbol (68): este entrenamiento parece que altera la estabilización activa de la articulación de la rodilla y que conlleva una disminución de los índices de lesión (69). En cuanto a la reducción del riesgo y la incidencia, los programas multicomponentes muestran mejores resultados en comparación con los que solamente tienen componentes únicos. Las pliometrías, el fortalecimiento, el control del tronco y el "core", los estiramientos y los ejercicios de concienciación y toma de decisiones parecen ser componentes de entrenamiento

satisfactorios para reducir los factores de riesgo y los índices de lesión (68). Además, se cree que los efectos de estos componentes son aditivos (69).

El componente pliométrico, el análisis biomecánico y el entrenamiento de la técnica son elementos comunes de tres programas de prevención donde se redujeron los índices de lesión de LCAE y el riesgo de sufrirlas (135)(136)(75). Sin embargo, en dos programas donde no se incorporan las pliometrías no se redujo significativamente este riesgo (137)(138). En estos dos estudios, a diferencia de los tres primeros, tampoco se realizó un análisis biomecánico del movimiento, ni se dio feedback para indicarle al atleta la apropiada posición y técnica.

El componente pliométrico y el entrenamiento de propiocepción son las estrategias más utilizadas para reducir el riesgo de lesión. El primero estimula tanto al tejido muscular como al conectivo y al nervioso: permite que se lleve a cabo de forma efectiva el ciclo de acortamiento-estiramiento y si se centra en la apropiada ejecución de la técnica, parece que reduce las lesiones ligamentosas (68)(69). El segundo parece que estimula al sistema somatosensorial, y por lo tanto mejora la coactivación y el "stiffness" articular (139).

La educación y concienciación sobre el peligro, la posición y mecanismos de lesión del LCAE también se ha observado que reducen el riesgo de lesión (69): podría dar un posicionamiento biomecánico más eficiente para los mecanismos protectivos y podría ayudar a los atletas a hacer frente a los movimientos imprevistos (140). Sin embargo en varios estudios se ha visto que los programas de prevención basados únicamente en la concienciación no disminuyen los índices de lesión en el fútbol (141)(61). Teniendo en cuenta estos resultados, parece que estos programas sin entrenamiento podrían no ser efectivos. Sin embargo, parece importante mostrarles a los atletas cuáles son las posiciones de peligro y de desventaja en cualquier deporte. Hewett et al (75), uso a un entrenador para dar feedback y concienciación a las atletas durante el entrenamiento: se les daban órdenes verbales y visuales durante cada fase del salto y las atletas solamente realizaban las pliometrías cuando se acompañaban de la técnica adecuada. Mandebaum et al (135), utilizó un entrenamiento de videos para enfatizar en la apropiada posición del cuerpo durante el aterrizaje o la carrera. Por otro lado, Myklebust et al (136), utilizó un entrenamiento de compañeros donde estos se alentaban mutuamente para que se fijaran en la calidad de los movimientos. En estos tres estudios se cita específicamente el análisis y el feedback como contribuidores en la reducción de lesiones de LCAE en mujeres (135)(136)(75).

En un estudio se observó que en mujeres el entrenamiento propioceptivo únicamente no es suficiente para reducir significativamente las lesiones de LCAE (138). Sin embargo, Caraffa et al (133), llevó a cabo un programa de prevención basado en ejercicios de propiocepción sobre tablas inestables en futbolistas amateurs y semi-profesionales masculinos. En este participaron 40 equipos y se dividieron en dos grupos: 20 equipos llevaron a cabo un programa de entrenamiento de propiocepción de dificultad

progresiva además de las sesiones de entrenamiento regulares y el grupo control llevo a cabo solamente las sesiones de entrenamiento cotidianas. La intervención se llevó a cabo en pretemporada y tenían que trabajar 20 minutos por día. Los ejercicios siguieron una progresión en dificultad de 5 fases. Durante la temporada, los integrantes del grupo de intervención siguieron llevando a cabo el programa durante al menos 3 veces a la semana. Tras la intervención, se observó una reducción significativa en las lesiones de LCAE en el grupo experimental en comparación con el grupo control. Aunque en el programa solamente estaban incluidos ejercicios de propiocepción y no se incluyó entrenamiento pliométrico, de flexibilidad o de agilidad, parece que estos componentes fueron entrenados durante las sesiones cotidianas en los dos grupos.

En cuanto a los entrenamientos de fortalecimiento se puede considerar que en dos estudios donde se ve una reducción significativa en la incidencia de lesiones en mujeres incluyen este componente dentro del programa de prevención (135)(75). En otros estudios, entre los que se encuentra uno que consigue reducir significativamente los índices lesionales, no lo incorporan (136) (137)(138). Aunque parece que no es un requisito para la prevención, sí parece que los diseños que lo incorporan son los más efectivos en la reducción de los índices de lesión (69). Lehnhard et al (103), redujo significativamente el % de lesiones ligamentosas a través de la adicción de un régimen de entrenamientos de fuerza en un equipo de fútbol masculino. Esta reducción podría estar relacionada con la disminución de lesiones de rodilla reportadas durante el segundo año de la competición (43%) después del entrenamiento.

Como conclusión, es importante señalar que no existe un programa de prevención de lesiones estandarizado para la lesión sin contacto del LCAE, pero el entrenamiento neuromuscular multicomponente parece el más efectivo para reducir los índices de lesión en comparación con los protocolos fundamentados en componentes únicos. Los sistemas que están formados por ejercicios de tipo pliométricos y propioceptivos son las estrategias más utilizadas. Los ejercicios del primer tipo parecen fundamentales para reducir los índices de lesión a largo plazo, así como, el análisis biomecánico del movimiento, y la educación y concienciación sobre las posiciones de riesgo y mecanismos de lesión (68)(69). Sin embargo, la evidencia muestra que los protocolos centrados únicamente en la concienciación no reducen el riesgo de lesión a largo plazo (141)(61), por lo que habría que combinarlos con entrenamiento. En cuanto a los ejercicios de fortalecimiento, parece que los diseños que los incluyen son los más efectivos para reducir la incidencia (69). En mujeres se ha visto que los programas basados en la propiocepción únicamente, no son suficientes para reducir significativamente el número de lesiones por exposición deportiva (138). Por otro lado, tras la aplicación de protocolos basados en este tipo de ejercicios en hombres, sí que en un estudio se observó una disminución significativa. Sin embargo, en éste, parece que los sujetos realizaban además del régimen propioceptivo específico una serie de ejercicios pliométricos, de agilidad y flexibilidad dentro de su rutina habitual (133).

Como hemos reflexionado antes en la discusión, el programa de entrenamiento expuesto en este trabajo es multicomponente, y se incluyen diferentes tipos de ejercicios semejantes a los que se han llevado a cabo en otros protocolos de prevención, entre los que se encuentran: ejercicios pliométricos, de estabilidad abdominolumbopélvica, de agilidad y de fortalecimiento. Sin embargo, no se ha llevado a cabo un entrenamiento de propiocepción en cadena cinética cerrada, ni se ha realizado un análisis biomecánico del movimiento. Tampoco se ha trabajado la educación y la concienciación de riesgos, ni se ha dado feedback para incidir en la ejecución neuromuscular de los ejercicios. Como hemos observado, todos estos factores han podido incidir en los resultados que se han obtenido en cuanto al FPPA de rodillas, y teniendo en cuenta que son componentes muy utilizados y que parecen eficaces para la reducción de los factores de riesgo biomecánicos en el plano frontal y de la incidencia lesional, podría ser útil introducirlos en nuestro protocolo para enriquecer este último, y investigar si existe una diferencia estadísticamente significativa entre los resultados del estudio actual y de este potencial. También resultaría interesante realizar un estudio prospectivo y observar si tras la aplicación de nuestro régimen se da una disminución significativa en las tasas de incidencia.

Es importante destacar otro tipo de técnicas de prevención de lesiones de rodilla que no son comunes pero que presentan un gran potencial, como las sesiones de vibración o los programas de prevención que han evaluado el impacto del fortalecimiento de los isquiotibiales en el ratio de fuerza isquiotibiales/cuádriceps.

Melnyk et al (142), investigó la exposición aguda a vibraciones de todo el cuerpo en los reflejos de estiramiento que están relacionados con el control de la rodilla. Debido a la traslación anterior de la tibia, el reflejo de estiramiento de la musculatura isquiotibial fue evocado en todos los sujetos. Los individuos que llevaron a cabo una sesión con estímulos vibratorios demostraron una disminución en la traslación anterior de la tibia en comparación con los sujetos del grupo control. Se ha sugerido que esto está directamente relacionado con un incremento en el tamaño de respuesta de corta latencia de los isquiotibiales en respuesta al movimiento anterior de la tibia (142). Aunque está más aceptado la prevención a través de equipamiento convencional, debido a aspectos económicos, este tipo de programas podrían ser considerados por equipos de fútbol de la elite (68).

Por otro lado, también son importante aquellos programas de prevención en futbolistas que se han centrado en el fortalecimiento de los isquiotibiales y han evaluado el efecto de la intervención en el ratio de fuerza isquiotibiales/cuádriceps. En un estudio de este tipo realizado en 12 jugadoras de fútbol se llevó a cabo un sistema de entrenamiento de 6 semanas donde se llevaban a cabo 4 sesiones por semana. Tras realizar un pre-test y un post-test se evidenció un aumento significativo en la ratio funcional entre la fuerza excéntrica de los isquiotibiales y la fuerza concéntrica del cuádriceps medida a través de

un isocinético. Tras la intervención esta ratio supero el 1.0, lo que esta específicamente recomendado para la prevención de lesiones de LCAE sin contacto (143).

Se ha visto que los programas de prevención de lesiones de LCAE mejoran el rendimiento deportivo, sin embargo, se recomienda que los estudios incorporen medidas sobre esta mejora y sobre la mejora de resultados funcionales (140). Esto es muy importante, ya que aunque disminuyan el riesgo de lesión, sin efectos de mejora del rendimiento, muchos atletas podrían no estar motivados para participar en estos programas (69). Además, la implantación de éstos durante toda la temporada en equipos de fútbol semi-profesionales y profesionales no está todavía completamente aceptada por algunos entrenadores, debido a que esta lesión no se ha considerado aún como un asunto de alta prioridad, especialmente con jugadores masculinos. Esto último también disminuye la participación de éstos y está considerada como uno de los principales factores limitantes del éxito en las intervenciones (68). Programas que solamente están destinados a prevenir lesiones en mujeres tienen unos índices de adherencia de tan solo el 28% (136). Sin embargo, los destinados a mejorar el rendimiento podrían tener unos índices del 80-90% (144)(145)(146). Por lo tanto, si están diseñados para las dos cosas el entrenamiento neuromuscular podría tener mucha mayor seguimiento atlético (69). La sobrecarga neuromuscular de alta intensidad que está asociada con el entrenamiento pliométrico y de fortalecimiento parece que mejora tanto la potencia y el rendimiento como la prevención de lesiones. El componente de fortalecimiento puede ser opcional para la prevención de lesiones, pero es un requisito para sobrecargar la musculatura y conseguir los efectos de mejora de rendimiento óptimos (69). Los programas de entrenamiento neuromusculares pueden ser efectivos para mejorar medidas de rendimiento de velocidad, fuerza y potencia en mujeres y en atletas no profesionales (147)(146). Esto se debe a que es muy frecuente que tengan unos niveles basales de fuerza y potencia menores en comparación con los hombres y con los atletas profesionales respectivamente (148)(149).

Tras la ejecución de este programa de prevención de lesiones de LCAE sin contacto basado en el método Paleotraining[®], sí que se da una mejora significativa en la capacidad física medida a través del Test Paleo 2. Además, estos resultados se corroboran con los de otro estudio (20). Por otro lado, en este estudio se puede ver como la participación de los sujetos fue muy alta (87,73%), por lo que se puede pensar que el entrenamiento estimulo los jugadores. Sin embargo, hace falta más investigación para conocer si estas mejoras podrían ser un aliciente para motivar a los jugadores y al entrenador y de esta manera resolver el problema de la adherencia.

La mayor parte de los programas de prevención son llevados a cabo en atletas que tienen entre 15 y 25 años. Es posible que la realización de estos en atletas más jóvenes permita una integración precoz del control neuromuscular y biomecánico adecuado que disminuya los índices de lesiones futuras. Para esclarecer esta cuestión, hacen falta

futuras investigaciones que se centren en la implementación de estos programas en niños de 8 a 12 años y que se les siga longitudinalmente en el tiempo (140).

Hay una clara necesidad de investigación sobre las lesiones sin contacto del LCAE en jugadores de fútbol masculinos, ya que también las sufren y se ha visto que podrían beneficiarse de la aplicación de programas preventivos. Sin embargo, son escasos los estudios de este tipo realizados con sujetos masculinos (68).

6.1 Limitaciones del estudio

Este estudio tiene algunas limitaciones:

- Se ha medido la fuerza isométrica voluntaria de los músculos de la cadera a través de un dinamómetro manual. Sin embargo, hay que decir que el mecanismo de lesión del ligamento cruzado anterior se da durante una contracción excéntrica de los abductores y extensores de cadera, por lo que pienso que habría sido más conveniente medir la fuerza isocinética excéntrica de esta musculatura. Sin embargo, debido a la falta de medios y de estructura no ha sido posible. Por mi estancia práctica en el centro de investigación de medicina y deporte de Navarra (CEIMD), tuve acceso a un dinamómetro manual, y teniendo en cuenta que es un instrumento que se utiliza frecuentemente para medir la fuerza de esta musculatura (97)(100)(102)(30) reportando fiabilidad, nos pareció oportuno utilizarlo (150).
- Otra limitación relacionada con la medición dinamométrica es que no se ha utilizado una fijación externa para el dinamómetro manual. Como se ha explicado en la metodología, una limitación de este método es la fuerza del examinador con respecto a la fuerza del grupo muscular testado, ya que se tiene que alcanzar una contracción isométrica máxima del sujeto. Para que el test sea válido, la fuerza del examinador debe ser suficiente como para afrontar la fuerza producida por éste (107)(108). Un estudio reciente concluyó que la fijación externa podría eliminar la influencia de la fuerza del tester (107). Por lo tanto, parece que la fijación externa y el dinamómetro isocinético podrían facilitar una mayor precisión en la evaluación. Para tratar de lograr esto último, se han llevado a cabo 3 mediciones y se han tomado como válidas las dos que más se parecían: tenían que tener menos del 10% de variación entre ambas. Si no se cumplía este criterio, se realizaba una nueva medición hasta lograr dos mediciones parecidas.
- Se trata de un estudio preliminar llevado a cabo en un grupo pequeño de futbolistas amateurs que podría servir como base de un trabajo de investigación futura, por lo que nuestros resultados no son extrapolables a la población en general. Sin embargo, los resultados sí que parecen prometedores y motivan a seguir investigando con muestras mayores y más a largo plazo.
- Al estar compuesto por ejercicios de alta intensidad, el programa podría resultar difícil de seguir regularmente por personas no acostumbradas a realizar actividades físicas. Por ello, es importante que haya una persona encargada de planificar de forma adecuada e individualizada la carga de las sesiones. En días

con condiciones climáticas adversas, no se pueden obtener los beneficios que dicta el método Paleotraining® de realizar la actividad al aire libre. Eso ocurre debido a que las sesiones estaban planificadas para que fuesen llevadas a cabo en un terreno de juego de hierba natural, lo que implica la modificación de la sesión para su adaptación al contexto climático y al del terreno de juego.

- Por último, debido a la ausencia de un grupo control con quien comparar los resultados de las diferentes pruebas realizadas, las mejoras o los cambios significativos obtenidos tras la intervención no se pueden atribuir directamente al programa. Sin embargo, teniendo en cuenta que se trata de un estudio preliminar llevado a cabo en un pequeño número de futbolistas amateurs, hemos considerado que es adecuada la elección de un estudio de tipo longitudinal ya que no se dispone de un gran número de sujetos para poder realizar la comparativa.

6.2 Posibles líneas Futuras de investigación

A continuación se van a plantear una serie de futuras líneas de investigación:

- Se podría realizar el estudio a mayor escala con un grupo control, para que los datos puedan ser extrapolables a la población general. Además, de esta manera, las mejoras o los cambios significativos obtenidos tras la intervención se podrían atribuir directamente al programa:
 - Se podría realizar un estudio prospectivo con un mayor número de equipos de fútbol, y estudiar si a largo plazo se reduce la incidencia de este tipo de lesiones de forma significativa con respecto al grupo control.
 - Se podría incorporar al programa una serie de ejercicios de propiocepción en cadena cinética cerrada, en el cual a través de feedback visual y verbal se incidiese en la alineación dinámica del tronco y miembro inferior en el plano frontal, junto con un entrenamiento de concienciación sobre posiciones lesivas. Tras la incorporación de estos componentes, sería interesante investigar su repercusión en la cinemática frontal de la rodilla durante la realización de una tarea de tipo "Single Leg Squat". Además, también se podría incorporar este feedback durante la realización de los ejercicios pliométricos y observar su repercusión en el plano frontal de la rodilla durante el aterrizaje.
- Otra línea de estudio sería observar no solo como afecta al estado físico del voluntario sino ver su repercusión en el rendimiento durante el entrenamiento específico y el partido.
- Por último, también se podría investigar la correlación estadística existente entre la cinemática de la rodilla en el plano frontal y sagital, y la fuerza de los músculos abductores, rotadores externos y extensores de la cadera en los hombres. Lo que

nos permitiría conocer la forma en la que la fuerza de la cadera influye en la cinemática de la rodilla en ellos. Existe un estudio en el que se observó una correlación significativa entre la fuerza de los extensores de cadera, medido a través de un dinamómetro manual, y la cinemática en el plano sagital durante la realización de una tarea de tipo "Single Leg Medial Landing" en jugadores de baloncesto masculinos (30). Estos resultados podrían estar muy relacionados con los del presente estudio, en el que se ha encontrado un aumento significativo en la fuerza isométrica voluntaria máxima de los extensores de cadera, medidos a través de un dinamómetro manual, y en los grados de flexión de rodillas medidos durante la realización de una tarea de tipo "SLM" en jugadores de fútbol masculinos.

7. CONCLUSIONES

Los resultados presentados en este estudio, tras haberlos comparado con otros de similares investigaciones, en los que se trataba de averiguar la eficacia de diferentes tipos de protocolos en la reducción de factores de riesgo de la lesión sin contacto del ligamento cruzado anteroexterno, relacionados con la cinemática de rodillas y la debilidad de la musculatura de la cadera, sugieren lo siguiente:

- Se observa una mejora del estado físico de los participantes medido a través del "Test Paleo 2" en términos de potencia, fuerza muscular, velocidad y resistencia. Esto podría ser un aliciente para motivar a los jugadores y al entrenador a realizarlo y de esta manera resolver el problema de la adherencia, ya que aunque disminuyan el riesgo de lesión, sin efectos de mejora del rendimiento muchos atletas podrían no estar motivados para participar en este tipo de programas.
- Los sujetos muestran una alta participación en las sesiones del programa, lo que es muy positivo ya que se ha visto que tras la aplicación de un protocolo de entrenamientos basado en el Paleotrainig[®] cuanto mayor es la participación mejores son los resultados tanto en el estado físico como funcional.
- Se evidencia un aumento significativo en los grados de flexión de las rodillas dominantes durante la realización de una tarea de tipo "Single Leg Medial Landing". Lo que sugiere una mejora en la recepción de los impactos debido a una posible mejora en la absorción de las fuerzas articulares. Además, este cambio biomecánico podría producir una ventaja mecánica para los isquiotibiales en la estabilización dinámica articular. Parece que estos cambios podrían estar influenciados por el componente pliométrico y de agilidad de nuestro protocolo.
- Durante la ejecución de una tarea de tipo "Single Leg Squat", no se constata una disminución significativa en las dos rodillas en cuanto al ángulo de proyección frontal. Este resultado podría estar relacionado con la ausencia en nuestro protocolo de ejercicios propioceptivos en cadena cinética cerrada de tipo Single Leg Squat, en los que el entrenador da feedback verbal y visual durante la ejecución de estos para incidir en la alineación dinámica del tronco y miembro inferior. También podría estar relacionado con la ausencia de un entrenamiento de concienciación sobre las posiciones peligrosas y mecanismos de lesión a evitar.
- Tras la implantación de este protocolo, se aprecia un aumento significativo en la fuerza isométrica voluntaria máxima de los músculos abductores y extensores de cadera del miembro inferior derecho e izquierdo. Aunque parece que el fortalecimiento de esta musculatura podría mejorar el control del miembro inferior en los tres planos de movimiento, en nuestro estudio, a pesar del aumento significativo en la fuerza de los abductores y extensores de cadera no se observa una mejora significativa en la cinemática del plano frontal de la rodilla. Por otro lado, sí que se aprecia una mejora en la cinemática del plano sagital. Esto podría estar relacionado con lo reportado por varios estudios realizados en hombres, en los que se ha visto una correlación significativa

positiva entre la fuerza de los extensores de cadera y los grados de flexión de rodillas (30). Sin embargo, no se ha visto una correlación significativa negativa entre la fuerza de estos músculos y la cinemática en el plano frontal (93)(92)(30). Podría ser que en los hombres la fuerza de los extensores de cadera jugase un rol fundamental asegurando una técnica de aterrizaje segura y permitiendo una ventaja mecánica para la actuación de los isquiotibiales.

- Por último, tras la revisión realizada para éste trabajo, hay una necesidad de investigación sobre las lesiones sin contacto del LCAE de los jugadores de fútbol masculinos: tanto sobre los mecanismos de lesión, como sobre los factores de riesgo y los protocolos de prevención más apropiados. La futura investigación parece fundamental, ya que se ha visto que estas lesiones también ocurren en esta población y que éstos podrían beneficiarse de los programas.

8. AGRADECIMIENTOS:

Este trabajo de fin de grado realizado en la Universidad Pública de Navarra es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron distintas personas opinando, corrigiendo, dando ánimo, acompañando en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad y en definitiva facilitándome mucho el trabajo. Deseo agradecer en este apartado a todas aquellas personas que de alguna o de otra manera me han ayudado durante el proceso de su elaboración.

En primer lugar, a mi director del trabajo, Juan Luis Paredes, mi más sincero agradecimiento por su valiosa dirección y apoyo durante la elaboración del mismo hasta su conclusión.

Al Club Deportivo Avance, equipo de fútbol donde juego actualmente. Sin la colaboración de la directiva, entrenador y jugadores no habría sido posible llevar a cabo este proyecto de investigación. Agradecer especialmente a mis compañeros de vestuario por su disponibilidad a pesar de las adversidades.

A Saioa Etxaleku y a Ander Zulet. Sin su colaboración no habría sido posible llevar a cabo gran parte de mi trabajo. También agradecerles su disponibilidad, consejos, sabiduría y paciencia.

Por último, agradecer a mi familia por su incondicional apoyo durante estos cuatro años de carrera y este año de trabajo intenso. Gracias por los buenos y malos momentos, por animarme y escucharme. Siempre estuvieron ahí en lo bueno y en lo malo.

A todos ellos, mi mayor reconocimiento y gratitud.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Carlos Perez. Paleovida. S.a: Editorial B; 2012. 224 p.
2. Carlos Perez, Airam Fernandez. Paleotráining. S.A. Ediciones B; 2013. 208 p.
3. Evolutionary Medicine - 18164502_1409.pdf [Internet]. [cited 2016 Apr 28]. Available from: http://download.bioon.com.cn/view/upload/201408/18164502_1409.pdf
4. Chakravarthy MV, Booth FW. Eating, exercise, and “thrifty” genotypes: connecting the dots toward an evolutionary understanding of modern chronic diseases. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 2004 Jan;96(1):3–10.
5. Physical-Activity-Energy-Expenditure-and-Fitness-An-Evolutionary-Perspective-The-Paleo-Diet.pdf [Internet]. [cited 2016 Apr 28]. Available from: <http://thepaleodiet.com/wp-content/uploads/2015/08/Physical-Activity-Energy-Expenditure-and-Fitness-An-Evolutionary-Perspective-The-Paleo-Diet.pdf>
6. Mattson MP. Evolutionary aspects of human exercise--born to run purposefully. *Ageing Res Rev*. 2012 Jul;11(3):347–52.
7. Rolian C, Lieberman DE, Hamill J, Scott JW, Werbel W. Walking, running and the evolution of short toes in humans. *J Exp Biol*. 2009 Mar;212(Pt 5):713–21.
8. Marino FE. The evolutionary basis of thermoregulation and exercise performance. *Med Sport Sci*. 2008;53:1–13.
9. Troiano RP, Berrigan D, Dodd KW, Mâsse LC, Tilert T, McDowell M. Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Med Sci Sports Exerc*. 2008 Jan;40(1):181–8.
10. Bautista L, Reininger B, Gay JL, Barroso CS, McCormick JB. Perceived Barriers to Exercise in Hispanic Adults by Level of Activity. *J Phys Act Health*. 2011 Sep;8(7):916–25.
11. Gaesser GA, Angadi SS. High-intensity interval training for health and fitness: can less be more? *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 2011 Dec;111(6):1540–1.
12. Stutts WC. Physical activity determinants in adults. Perceived benefits, barriers, and self efficacy. *AAOHN J Off J Am Assoc Occup Health Nurses*. 2002 Nov;50(11):499–507.
13. Kimm SYS, Glynn NW, McMahon RP, Voorhees CC, Striegel-Moore RH, Daniels SR. Self-perceived barriers to activity participation among sedentary adolescent girls. *Med Sci Sports Exerc*. 2006 Mar;38(3):534–40.
14. Trost SG, Owen N, Bauman AE, Sallis JF, Brown W. Correlates of adults’ participation in physical activity: review and update. *Med Sci Sports Exerc*. 2002 Dec;34(12):1996–2001.
15. Gibala MJ, McGee SL. Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain? *Exerc Sport Sci Rev*. 2008 Apr;36(2):58–63.
16. Gibala MJ, Little JP, Macdonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol*. 2012 Mar 1;590(5):1077–84.

17. Wisløff U, Støylen A, Loennechen JP, Bruvold M, Rognmo Ø, Haram PM, et al. Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. *Circulation*. 2007 Jun 19;115(24):3086–94.
18. Tjønnå AE, Lee SJ, Rognmo Ø, Stølen TO, Bye A, Haram PM, et al. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation*. 2008 Jul 22;118(4):346–54.
19. Bartlett JD, Close GL, MacLaren DPM, Gregson W, Drust B, Morton JP. High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence. *J Sports Sci*. 2011 Mar;29(6):547–53.
20. Daniel Díaz Cuadra, Leroy Preciado Perez, Ferran Saladié Borrás, Jesús Serrano Aquilera. Adaptación del método Paleotraining® al entrenamiento de futbolistas amateur [Trabajo Fin de Grado]. [Reus]: Universitat Rovira, Virgili; 2015.
21. A.I. Kapandji. Fisiología Articular, Tomo 2. Miembro inferior. 6 edición. Panamericana; 2010. 400 p.
22. B. Quelard a, O. Rachet b, B. Sonnery-Cottet a, P. Chambat a. Rehabilitación postoperatoria de los injertos del ligamento cruzado anterior. Elsevier Masson SAS. 2010 Oct 29;16.
23. LaBella CR, Hennrikus W, Hewett TE, Council on Sports Medicine and Fitness, and Section on Orthopaedics. Anterior cruciate ligament injuries: diagnosis, treatment, and prevention. *Pediatrics*. 2014 May;133(5):e1437–1450.
24. Gottlob CA, Baker CL, Pellissier JM, Colvin L. Cost effectiveness of anterior cruciate ligament reconstruction in young adults. *Clin Orthop*. 1999 Oct;(367):272–82.
25. ACL Injury Prevention in the Athlete - Sports Orthopaedics and Traumatology [Internet]. [cited 2016 Apr 4]. Available from: [http://www.sotjournal.com/article/S0949-328X\(11\)00011-1/fulltext?mobileUi=0](http://www.sotjournal.com/article/S0949-328X(11)00011-1/fulltext?mobileUi=0)
26. Yu B, Garrett WE. Mechanisms of non-contact ACL injuries. *Br J Sports Med*. 2007 Aug;41 Suppl 1:i47–51.
27. Granan L-P, Forssblad M, Lind M, Engebretsen L. The Scandinavian ACL registries 2004-2007: baseline epidemiology. *Acta Orthop*. 2009 Oct;80(5):563–7.
28. Arendt E, Dick R. Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. NCAA data and review of literature. *Am J Sports Med*. 1995 Dec;23(6):694–701.
29. Laible C, Sherman OH. Risk factors and prevention strategies of non-contact anterior cruciate ligament injuries. *Bull Hosp Jt Dis* 2013. 2014;72(1):70–5.
30. Suzuki H, Omori G, Uematsu D, Nishino K, Endo N. THE INFLUENCE OF HIP STRENGTH ON KNEE KINEMATICS DURING A SINGLE-LEGGED MEDIAL DROP LANDING AMONG COMPETITIVE COLLEGIATE BASKETBALL PLAYERS. *Int J Sports Phys Ther*. 2015 Oct;10(5):592–601.

31. Jamison ST, McNally MP, Schmitt LC, Chaudhari AMW. The effects of core muscle activation on dynamic trunk position and knee abduction moments: implications for ACL injury. *J Biomech.* 2013 Sep 3;46(13):2236–41.
32. Lohmander LS, Englund PM, Dahl LL, Roos EM. The long-term consequence of anterior cruciate ligament and meniscus injuries: osteoarthritis. *Am J Sports Med.* 2007 Oct;35(10):1756–69.
33. Chaudhari AM, Andriacchi TP. The mechanical consequences of dynamic frontal plane limb alignment for non-contact ACL injury. *J Biomech.* 2006;39(2):330–8.
34. Ford KR, Nguyen A-D, Dischiavi SL, Hegedus EJ, Zuk EF, Taylor JB. An evidence-based review of hip-focused neuromuscular exercise interventions to address dynamic lower extremity valgus. *Open Access J Sports Med.* 2015;6:291–303.
35. Powell JW, Barber-Foss KD. Sex-related injury patterns among selected high school sports. *Am J Sports Med.* 2000 Jun;28(3):385–91.
36. Bjordal JM, Arnly F, Hannestad B, Strand T. Epidemiology of anterior cruciate ligament injuries in soccer. *Am J Sports Med.* 1997 Jun;25(3):341–5.
37. Brophy R, Silvers HJ, Gonzales T, Mandelbaum BR. Gender influences: the role of leg dominance in ACL injury among soccer players. *Br J Sports Med.* 2010 Aug;44(10):694–7.
38. Willson JD, Ireland ML, Davis I. Core strength and lower extremity alignment during single leg squats. *Med Sci Sports Exerc.* 2006 May;38(5):945–52.
39. Cahalan TD, Johnson ME, Liu S, Chao EY. Quantitative measurements of hip strength in different age groups. *Clin Orthop.* 1989 Sep;(246):136–45.
40. Huston LJ, Wojtys EM. Neuromuscular performance characteristics in elite female athletes. *Am J Sports Med.* 1996 Aug;24(4):427–36.
41. Ford KR, Taylor-Haas JA, Genthe K, Hugentobler J. Relationship between hip strength and trunk motion in college cross-country runners. *Med Sci Sports Exerc.* 2013 Jun;45(6):1125–30.
42. The Effects Of Dynamic Limb Alignment On Knee Moments During Single Limb Landing: Implications For The Analysis Of The Non-Contact Injury To The Anterior Cruciate Ligament - 0395.PDF [Internet]. [cited 2016 May 5]. Available from: <http://www.tulane.edu/~sbc2003/pdfdocs/0395.PDF>
43. Ford KR, Myer GD, Hewett TE. Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Med Sci Sports Exerc.* 2003 Oct;35(10):1745–50.
44. Lephart SM, Ferris CM, Riemann BL, Myers JB, Fu FH. Gender differences in strength and lower extremity kinematics during landing. *Clin Orthop.* 2002 Aug;(401):162–9.
45. Willson JD, Davis IS. Lower extremity mechanics of females with and without patellofemoral pain across activities with progressively greater task demands. *Clin Biomech Bristol Avon.* 2008 Feb;23(2):203–11.

46. Carson DW, Ford KR. Sex differences in knee abduction during landing: a systematic review. *Sports Health*. 2011 Jul;3(4):373–82.
47. Taylor-Haas JA, Hugentobler JA, DiCesare CA, Hickey Lucas KC, Bates NA, Myer GD, et al. Reduced hip strength is associated with increased hip motion during running in young adult and adolescent male long-distance runners. *Int J Sports Phys Ther*. 2014 Aug;9(4):456–67.
48. Griffin LY, Agel J, Albohm MJ, Arendt EA, Dick RW, Garrett WE, et al. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *J Am Acad Orthop Surg*. 2000 Jun;8(3):141–50.
49. Andersson EA, Nilsson J, Ma Z, Thorstensson A. Abdominal and hip flexor muscle activation during various training exercises. *Eur J Appl Physiol*. 1997;75(2):115–23.
50. Bere T, Flørenes TW, Krosshaug T, Koga H, Nordsletten L, Irving C, et al. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in World Cup alpine skiing: a systematic video analysis of 20 cases. *Am J Sports Med*. 2011 Jul;39(7):1421–9.
51. Hewett TE, Torg JS, Boden BP. Video analysis of trunk and knee motion during non-contact anterior cruciate ligament injury in female athletes: lateral trunk and knee abduction motion are combined components of the injury mechanism. *Br J Sports Med*. 2009 Jun;43(6):417–22.
52. Berns GS, Hull ML, Patterson HA. Strain in the anteromedial bundle of the anterior cruciate ligament under combination loading. *J Orthop Res Off Publ Orthop Res Soc*. 1992 Mar;10(2):167–76.
53. Markolf KL, Graff-Radford A, Amstutz HC. In vivo knee stability. A quantitative assessment using an instrumented clinical testing apparatus. *J Bone Joint Surg Am*. 1978 Jul;60(5):664–74.
54. Markolf KL, Burchfield DM, Shapiro MM, Shepard MF, Finerman GA, Slaughterbeck JL. Combined knee loading states that generate high anterior cruciate ligament forces. *J Orthop Res Off Publ Orthop Res Soc*. 1995 Nov;13(6):930–5.
55. Nunley RM, Wright D, Renner JB, Ph.D BY, Jr WEG. Gender Comparison of Patellar Tendon Tibial Shaft Angle with Weight Bearing. *Res Sports Med*. 2003 Jul 1;11(3):173–85.
56. Li G, Defrate LE, Rubash HE, Gill TJ. In vivo kinematics of the ACL during weight-bearing knee flexion. *J Orthop Res Off Publ Orthop Res Soc*. 2005 Mar;23(2):340–4.
57. Dürselen L, Claes L, Kiefer H. The influence of muscle forces and external loads on cruciate ligament strain. *Am J Sports Med*. 1995 Feb;23(1):129–36.
58. Shoemaker SC, Adams D, Daniel DM, Woo SL. Quadriceps/anterior cruciate graft interaction. An in vitro study of joint kinematics and anterior cruciate ligament graft tension. *Clin Orthop*. 1993 Sep;(294):379–90.
59. Hewett TE, Myer GD, Ford KR. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1, mechanisms and risk factors. *Am J Sports Med*. 2006 Feb;34(2):299–311.

60. Boden BP, Torg JS, Knowles SB, Hewett TE. Video analysis of anterior cruciate ligament injury: abnormalities in hip and ankle kinematics. *Am J Sports Med.* 2009 Feb;37(2):252–9.
61. Olsen O-E, Myklebust G, Engebretsen L, Bahr R. Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. *Am J Sports Med.* 2004 Jun;32(4):1002–12.
62. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS, Colosimo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med.* 2005 Apr;33(4):492–501.
63. Matsumoto H, Suda Y, Otani T, Niki Y, Seedhom BB, Fujikawa K. Roles of the anterior cruciate ligament and the medial collateral ligament in preventing valgus instability. *J Orthop Sci.* 2001 Jan;6(1):28–32.
64. Mazzocca AD, Nissen CW, Geary M, Adams DJ. Valgus medial collateral ligament rupture causes concomitant loading and damage of the anterior cruciate ligament. *J Knee Surg.* 2003 Jul;16(3):148–51.
65. Fayad LM, Parellada JA, Parker L, Schweitzer ME. MR imaging of anterior cruciate ligament tears: is there a gender gap? *Skeletal Radiol.* 2003 Nov;32(11):639–46.
66. Koga H, Nakamae A, Shima Y, Iwasa J, Myklebust G, Engebretsen L, et al. Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries: knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. *Am J Sports Med.* 2010 Nov;38(11):2218–25.
67. Krosshaug T, Nakamae A, Boden BP, Engebretsen L, Smith G, Slauterbeck JR, et al. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury in basketball: video analysis of 39 cases. *Am J Sports Med.* 2007 Mar;35(3):359–67.
68. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 2: a review of prevention programs aimed to modify risk factors and to reduce injury rates. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* 2009 Aug;17(8):859–79.
69. Hewett TE, Ford KR, Myer GD. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 2, a meta-analysis of neuromuscular interventions aimed at injury prevention. *Am J Sports Med.* 2006 Mar;34(3):490–8.
70. More RC, Karras BT, Neiman R, Fritschy D, Woo SL, Daniel DM. Hamstrings--an anterior cruciate ligament protagonist. An in vitro study. *Am J Sports Med.* 1993 Apr;21(2):231–7.
71. 0979.pdf [Internet]. [cited 2016 May 8]. Available from: <https://isbweb.org/images/conf/2005/abstracts/0979.pdf>
72. O'Connor JJ. Can muscle co-contraction protect knee ligaments after injury or repair? *J Bone Joint Surg Br.* 1993 Jan;75(1):41–8.
73. Pandy MG, Shelburne KB. Dependence of cruciate-ligament loading on muscle forces and external load. *J Biomech.* 1997 Oct;30(10):1015–24.

74. Li G, Rudy TW, Sakane M, Kanamori A, Ma CB, Woo SL. The importance of quadriceps and hamstring muscle loading on knee kinematics and in-situ forces in the ACL. *J Biomech.* 1999 Apr;32(4):395–400.
75. Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, Noyes FR. The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. A prospective study. *Am J Sports Med.* 1999 Dec;27(6):699–706.
76. Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes: a plyometric versus basic resistance program -- Lephart et al. 39 (12): 932 -- *British Journal of Sports Medicine* [Internet]. [cited 2016 May 5]. Available from: <http://bjsm.bmj.com/content/39/12/932.full>
77. Shultz SJ, Beynnon BD, Schmitz RJ. Sex differences in coupled knee motions during the transition from non-weight bearing to weight bearing. *J Orthop Res.* 2009 Jun 1;27(6):717–23.
78. Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: a prospective biomechanical-epidemiologic study. *Am J Sports Med.* 2007 Jul;35(7):1123–30.
79. Kibler WB, Press J, Sciascia A. The role of core stability in athletic function. *Sports Med Auckl NZ.* 2006;36(3):189–98.
80. Hodges PW, Richardson CA. Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Phys Ther.* 1997 Feb;77(2):132–142; discussion 142–144.
81. Dempsey AR, Elliott BC, Munro BJ, Steele JR, Lloyd DG. Whole body kinematics and knee moments that occur during an overhead catch and landing task in sport. *Clin Biomech Bristol Avon.* 2012 Jun;27(5):466–74.
82. Jamison ST, Pan X, Chaudhari AMW. Knee moments during run-to-cut maneuvers are associated with lateral trunk positioning. *J Biomech.* 2012 Jul 26;45(11):1881–5.
83. Skotte JH, Fallentin N, Pedersen MT, Essendrop M, Strøyer J, Schibye B. Adaptation to sudden unexpected loading of the low back--the effects of repeated trials. *J Biomech.* 2004 Oct;37(10):1483–9.
84. 2007_Ch13_Sports_Specific_Injury_Mechanisms_Assoc_with_Pivoting_Cutting_and_Landing.pdf [Internet]. [cited 2016 May 15]. Available from: http://www.marylloydireland.com/PPT_PDF_V/2007_Ch13_Sports_Specific_Injury_Mechanisms_Assoc_with_Pivoting_Cutting_and_Landing.pdf
85. Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* 2009 Jul;17(7):705–29.
86. Leetun DT, Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2004 Jun;36(6):926–34.

87. Heinert BL, Kernozek TW, Greany JF, Fater DC. Hip abductor weakness and lower extremity kinematics during running. *J Sport Rehabil*. 2008 Aug;17(3):243–56.
88. Stickler L, Finley M, Gulgin H. Relationship between hip and core strength and frontal plane alignment during a single leg squat. *Phys Ther Sport Off J Assoc Chart Physiother Sports Med*. 2015 Feb;16(1):66–71.
89. Claiborne TL, Armstrong CW, Gandhi V, Pincivero DM. Relationship between hip and knee strength and knee valgus during a single leg squat. *J Appl Biomech*. 2006 Feb;22(1):41–50.
90. PDF_Claiborne - 5382.pdf [Internet]. 2016 [cited 2016 Apr 21]. Available from: <http://journals.humankinetics.com/AcuCustom/Sitename/Documents/DocumentItem/5382.pdf>
91. McCurdy K, Walker J, Armstrong R, Langford G. Relationship between selected measures of strength and hip and knee excursion during unilateral and bilateral landings in women. *J Strength Cond Res Natl Strength Cond Assoc*. 2014 Sep;28(9):2429–36.
92. Baldon R de M, Lobato D FM, Carvalho LP, Santiago P RP, Benze BG, Serrão FV. Relationship between eccentric hip torque and lower-limb kinematics: gender differences. *J Appl Biomech*. 2011 Aug;27(3):223–32.
93. Jacobs CA, Uhl TL, Mattacola CG, Shapiro R, Rayens WS. Hip abductor function and lower extremity landing kinematics: sex differences. *J Athl Train*. 2007 Mar;42(1):76–83.
94. Soderberg GL, Dostal WF. Electromyographic study of three parts of the gluteus medius muscle during functional activities. *Phys Ther*. 1978 Jun;58(6):691–6.
95. Lyons K, Perry J, Gronley JK, Barnes L, Antonelli D. Timing and relative intensity of hip extensor and abductor muscle action during level and stair ambulation. An EMG study. *Phys Ther*. 1983 Oct;63(10):1597–605.
96. Baldon R de M, Lobato DFM, Carvalho LP, Wun PYL, Santiago PRP, Serrão FV. Effect of functional stabilization training on lower limb biomechanics in women. *Med Sci Sports Exerc*. 2012 Jan;44(1):135–45.
97. Stearns KM, Powers CM. Improvements in hip muscle performance result in increased use of the hip extensors and abductors during a landing task. *Am J Sports Med*. 2014 Mar;42(3):602–9.
98. Snyder KR, Earl JE, O'Connor KM, Ebersole KT. Resistance training is accompanied by increases in hip strength and changes in lower extremity biomechanics during running. *Clin Biomech Bristol Avon*. 2009 Jan;24(1):26–34.
99. Myer GD, Brent JL, Ford KR, Hewett TE. A pilot study to determine the effect of trunk and hip focused neuromuscular training on hip and knee isokinetic strength. *Br J Sports Med*. 2008 Jul;42(7):614–9.
100. Willy RW, Davis IS. The effect of a hip-strengthening program on mechanics during running and during a single-leg squat. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2011 Sep;41(9):625–32.

101. Mascal CL, Landel R, Powers C. Management of patellofemoral pain targeting hip, pelvis, and trunk muscle function: 2 case reports. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2003 Nov;33(11):647–60.
102. Herman DC, Weinhold PS, Guskiewicz KM, Garrett WE, Yu B, Padua DA. The effects of strength training on the lower extremity biomechanics of female recreational athletes during a stop-jump task. *Am J Sports Med*. 2008 Apr;36(4):733–40.
103. Monitoring Injuries on a College Soccer Team: The Effect of... : *The Journal of Strength & Conditioning Research* [Internet]. LWW. [cited 2016 May 16]. Available from: http://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/1996/05000/Monitoring_Injuries_on_a_College_Soccer_Team__The.11.aspx
104. Hollman JH, Ginos BE, Kozuchowski J, Vaughn AS, Krause DA, Youdas JW. Relationships between knee valgus, hip-muscle strength, and hip-muscle recruitment during a single-limb step-down. *J Sport Rehabil*. 2009 Feb;18(1):104–17.
105. Fulcher ML, Hanna CM, Raina Elley C. Reliability of handheld dynamometry in assessment of hip strength in adult male football players. *J Sci Med Sport Sports Med Aust*. 2010 Jan;13(1):80–4.
106. Schwartz S, Cohen ME, Herbison GJ, Shah A. Relationship between two measures of upper extremity strength: manual muscle test compared to hand-held myometry. *Arch Phys Med Rehabil*. 1992 Nov;73(11):1063–8.
107. Thorborg K, Bandholm T, Schick M, Jensen J, Hölmich P. Hip strength assessment using handheld dynamometry is subject to intertester bias when testers are of different sex and strength. *Scand J Med Sci Sports*. 2013 Aug;23(4):487–93.
108. Krause DA, Neuger MD, Lambert KA, Johnson AE, DeViny HA, Hollman JH. Effects of examiner strength on reliability of hip-strength testing using a handheld dynamometer. *J Sport Rehabil*. 2014 Feb;23(1):56–64.
109. Thorborg K, Petersen J, Magnusson SP, Hölmich P. Clinical assessment of hip strength using a hand-held dynamometer is reliable. *Scand J Med Sci Sports*. 2010 Jun;20(3):493–501.
110. 07_Krause JSR_20120070_ej.pdf [Internet]. [cited 2016 May 9]. Available from: http://www.naspspa.org/AcuCustom/Sitenome/Documents/DocumentItem/07_Krause%20JSR_20120070_ej.pdf
111. Scott DA, Bond EQ, Sisto SA, Nadler SF. The intra- and interrater reliability of hip muscle strength assessments using a handheld versus a portable dynamometer anchoring station. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004 Apr;85(4):598–603.
112. Munro A, Herrington L, Carolan M. Reliability of 2-dimensional video assessment of frontal-plane dynamic knee valgus during common athletic screening tasks. *J Sport Rehabil*. 2012 Feb;21(1):7–11.
113. Herrington L. Knee valgus angle during single leg squat and landing in patellofemoral pain patients and controls. *The Knee*. 2014 Mar;21(2):514–7.

114. Munro A, Herrington L, Comfort P. Comparison of landing knee valgus angle between female basketball and football athletes: possible implications for anterior cruciate ligament and patellofemoral joint injury rates. *Phys Ther Sport Off J Assoc Chart Physiother Sports Med*. 2012 Nov;13(4):259–64.
115. Herrington L, Munro A. Drop jump landing knee valgus angle; normative data in a physically active population. *Phys Ther Sport Off J Assoc Chart Physiother Sports Med*. 2010 May;11(2):56–9.
116. Willson JD, Davis IS. Utility of the frontal plane projection angle in females with patellofemoral pain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2008 Oct;38(10):606–15.
117. McLean SG, Walker K, Ford KR, Myer GD, Hewett TE, van den Bogert AJ. Evaluation of a two dimensional analysis method as a screening and evaluation tool for anterior cruciate ligament injury. *Br J Sports Med*. 2005 Jun;39(6):355–62.
118. EBSCOhost | 31763272 | Assessing Reliability and Precision of Measurement: An Introduction to Intraclass Correlation and Standard Error of Measurement. [Internet]. [cited 2016 May 10]. Available from: <http://web.b.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=10566716&AN=31763272&h=Z0vNfmSjYFtKagrrAjni0EZN9qUiwBFSfr0HeawHAmex2OmT%2fNotDu08uxJIn6y75Q2w5Hf01SOHtHN8Nufhw%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=ErrCrlNotAuth&crlhashurl=login.aspx%3fdirect%3dtrue%26profile%3dehost%26scope%3dsite%26authtype%3dcrawler%26jrnl%3d10566716%26AN%3d31763272>
119. Kropmans TJ, Dijkstra PU, Stegenga B, Stewart R, de Bont LG. Smallest detectable difference in outcome variables related to painful restriction of the temporomandibular joint. *J Dent Res*. 1999 Mar;78(3):784–9.
120. Noyes FR, Barber-Westin SD, Fleckenstein C, Walsh C, West J. The drop-jump screening test: difference in lower limb control by gender and effect of neuromuscular training in female athletes. *Am J Sports Med*. 2005 Feb;33(2):197–207.
121. Donohue MR, Ellis SM, Heinbaugh EM, Stephenson ML, Zhu Q, Dai B. Differences and correlations in knee and hip mechanics during single-leg landing, single-leg squat, double-leg landing, and double-leg squat tasks. *Res Sports Med Print*. 2015;23(4):394–411.
122. Edge J, Bishop D, Goodman C. The effects of training intensity on muscle buffer capacity in females. *Eur J Appl Physiol*. 2006 Jan;96(1):97–105.
123. Weston AR, Myburgh KH, Lindsay FH, Dennis SC, Noakes TD, Hawley JA. Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high-intensity interval training by well-trained cyclists. *Eur J Appl Physiol*. 1997;75(1):7–13.
124. Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Med Auckl NZ*. 2002;32(1):53–73.
125. Talanian JL, Galloway SDR, Heigenhauser GJF, Bonen A, Spriet LL. Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 2007 Apr;102(4):1439–47.

126. Henriksson J. Training induced adaptation of skeletal muscle and metabolism during submaximal exercise. *J Physiol.* 1977 Sep;270(3):661–75.
127. Kiens B. Effect of endurance training on fatty acid metabolism: local adaptations. *Med Sci Sports Exerc.* 1997 May;29(5):640–5.
128. MacDougall JD, Hicks AL, MacDonald JR, McKelvie RS, Green HJ, Smith KM. Muscle performance and enzymatic adaptations to sprint interval training. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 1998 Jun;84(6):2138–42.
129. Tabata I, Nishimura K, Kouzaki M, Hirai Y, Ogita F, Miyachi M, et al. Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO2max. *Med Sci Sports Exerc.* 1996 Oct;28(10):1327–30.
130. Burgomaster KA, Heigenhauser GJF, Gibala MJ. Effect of short-term sprint interval training on human skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise and time-trial performance. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 2006 Jun;100(6):2041–7.
131. Burgomaster KA, Hughes SC, Heigenhauser GJF, Bradwell SN, Gibala MJ. Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *J Appl Physiol Bethesda Md* 1985. 2005 Jun;98(6):1985–90.
132. Tonley JC, Yun SM, Kochevar RJ, Dye JA, Farrokhi S, Powers CM. Treatment of an individual with piriformis syndrome focusing on hip muscle strengthening and movement reeducation: a case report. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010 Feb;40(2):103–11.
133. Caraffa A, Cerulli G, Proietti M, Aisa G, Rizzo A. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. A prospective controlled study of proprioceptive training. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* 1996;4(1):19–21.
134. Pfeiffer RP, Shea KG, Roberts D, Grandstrand S, Bond L. Lack of effect of a knee ligament injury prevention program on the incidence of noncontact anterior cruciate ligament injury. *J Bone Joint Surg Am.* 2006 Aug;88(8):1769–74.
135. Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS, Knarr JF, Thomas SD, Griffin LY, et al. Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *Am J Sports Med.* 2005 Jul;33(7):1003–10.
136. Myklebust G, Engebretsen L, Braekken IH, Skjølberg A, Olsen O-E, Bahr R. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med.* 2003 Mar;13(2):71–8.
137. Heidt RS, Sweeterman LM, Carlonas RL, Traub JA, Tekulve FX. Avoidance of soccer injuries with preseason conditioning. *Am J Sports Med.* 2000 Oct;28(5):659–62.
138. Söderman K, Werner S, Pietilä T, Engström B, Alfredson H. Balance board training: prevention of traumatic injuries of the lower extremities in female soccer players? A prospective randomized intervention study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* 2000;8(6):356–63.

139. Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA, Bahr R, Beynnon BD, Demaio M, et al. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the Hunt Valley II meeting, January 2005. *Am J Sports Med.* 2006 Sep;34(9):1512–32.
140. AJS286866.qxd - Understanding_and_preventing_ACL_injuries.pdf [Internet]. [cited 2016 May 16]. Available from: http://movementpi.com/wp-content/themes/movement_pi/publications/Understanding_and_preventing_ACL_injuries.pdf
141. Arnason A, Engebretsen L, Bahr R. No effect of a video-based awareness program on the rate of soccer injuries. *Am J Sports Med.* 2005 Jan;33(1):77–84.
142. Melnyk M, Kofler B, Faist M, Hodapp M, Gollhofer A. Effect of a whole-body vibration session on knee stability. *Int J Sports Med.* 2008 Oct;29(10):839–44.
143. Holcomb WR, Rubley MD, Lee HJ, Guadagnoli MA. Effect of hamstring-emphasized resistance training on hamstring:quadriceps strength ratios. *J Strength Cond Res Natl Strength Cond Assoc.* 2007 Feb;21(1):41–7.
144. David Ben-Sira AA. The Effect of Different Types of Strength Training on Concentric Strength in Women. *J Strength Amp Cond Res.* 1995;9(3).
145. Häkkinen K, Alen M, Kraemer WJ, Gorostiaga E, Izquierdo M, Rusko H, et al. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *Eur J Appl Physiol.* 2003 Mar;89(1):42–52.
146. Wroble RR, Moxley DR. The effect of winter sports participation on high school football players: strength, power, agility, and body composition. *J Strength Cond Res Natl Strength Cond Assoc.* 2001 Feb;15(1):132–5.
147. Kraemer WJ, Duncan ND, Volek JS. Resistance training and elite athletes: adaptations and program considerations. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1998 Aug;28(2):110–9.
148. Hewett TE, Stroupe AL, Nance TA, Noyes FR. Plyometric training in female athletes. Decreased impact forces and increased hamstring torques. *Am J Sports Med.* 1996 Dec;24(6):765–73.
149. Myer GD, Ford KR, McLean SG, Hewett TE. The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. *Am J Sports Med.* 2006 Mar;34(3):445–55.
150. Thorborg K, Bandholm T, Petersen J, Weeke KMØ, Weinold C, Andersen B, et al. Hip abduction strength training in the clinical setting: with or without external loading? *Scand J Med Sci Sports.* 2010 Oct;20 Suppl 2:70–7.

10. ANEXOS

10.1 Resultados Test Paleo 1, primera semana intervención

Tabla 18. Resultados TP1, primera semana de intervención

Sujetos	Sentadillas	Flexiones (con o sin rodillas)	Saltos verticales	Abdominales frontales
1	41	45 sin	34	33
2	57	50 sin	43	34
3	46	64 con	34	36
4	53	48 con	30	28
5	49	60 con	40	33
6	47	67 con	34	30
7	40	41 sin	31	34
8	52	57 con	34	34
9	62	57 sin	36	34
10	43	62 con	40	32
11	48	44 sin	35	41
12	47	52 con	34	35
13	53	64 con	35	37
14	50	73 con	33	35
15	48	60 con	36	33
16	52	51 sin	33	36
17	44	54 sin	35	28

10.2 Resultados Test Paleo 2, primera semana intervención

Tabla 19. Resultados TP2, primera semana de intervención

Sujetos	Sentadillas	Flexiones (con o sin rodillas)	Saltos verticales	Abdominal frontal	Series realizadas durante el TP2	Rep.
1	14	15 sin	14	11	7 series + 14 sent. + 4 flex. sin..	396
2	19	17 sin	14	11	6 series.	366
3	15	21 con	11	12	6 series + 6 sent..	360
4	18	16 con	10	9	6 series + 15 sent. + 16 flex. con + 9 salt. vert..	358
5	16	20 con	13	11	6 series + 16 sent. + 20 flex. con + 4 salt. vert..	400
6	16	22 con	11	10	6 series + 16 sent. + 22 flex. con + 6 salt. vert..	398
7	13	14 sin	10	11	7 series + 13 sent.+ 5 flex. sin..	354
8	17	19 con	11	11	6 series + 17 sent. + 13 flex. con.	378
9	21	19 sin	12	11	6 series + 21 sent. + 9 flex. sin.	408
10	14	21 con	13	11	5 series + 14 sent. + 21 flex. con + 13 salt. vert. + 3 abdo. front..	346
11	16	15 sin	12	14	6 series + 16 sent. + 8 flex. sin.	366
12	16	17 con	11	12	6 series + 16 sent. + 4 flex. con.	356
13	18	21 con	12	12	6 series + 18 sent. +10 flex. con.	413
14	17	24 con	11	12	6 series + 10 sent..	388
15	16	20 con	12	11	6 series	354
16	17	17 sin	11	12	6 series + 17 sent. + 15 flex. sin.	374
17	15	18 sin	12	9	6 series + 15 sent. + 15 flex. sin.	354

10.3 Resultados Test Paleo 2, última semana intervención

Tabla 20. Resultados TP2, última semana de intervención

Sujetos	Sentadillas	Flexiones (con o sin rodillas)	Salto verticales	Abdominal frontal	Series realizadas durante el TP2	Rep.
1	14	15 sin	14	11	9 series	486
2	19	17 sin	14	11	9 series	549
3	15	21 con	11	12	8 series + 15 sent. + 21 flex. con + 11 salt. vert..	519
4	18	16 con	10	9	9 series	477
5	16	20 con	13	11	8 series + 5 sent..	485
6	16	22 con	11	10	8 series + 16 sent. + 8 flex. con.	496
7	13	14 sin	10	11	8 series + 13 sent.+ 14 flex. sin. + 10 salt. vert..	421
8	17	19 con	11	11	9 series + 17 sent. + 8 flex.	547
9	21	19 sin	12	11	7 series + 21 sent. + 12 flex.	474
10	14	21 con	13	11	8 series + 14 sent. + 21 flex. con + 13 salt. vert..	520
11	16	15 sin	12	14	8 series + 16 sent. + 15 flex. sin + 12 salt. vert. + 4 abd. front.	503
12	16	17 con	11	12	8 series + 16 sent. + 17 flex. con. + 11 salt. vert.	492
13	18	21 con	12	12	9 series	567
14	17	24 con	11	12	8 series + 17 sent..	521
15	16	20 con	12	11	8 series + 16 sent. + 20 flex. con. + 12 salt. vert..	520
16	17	17 sin	11	12	8 series + 17 sent. + 17 flex. sin. + 11 salt. vert.	501
17	15	18 sin	12	9	8 series + 15 sent. + 18 flex. sin. + 7 salt. vert..	472

10.4 Asistencia de los participantes al programa de prevención

Tabla 21. Asistencia al programa de prevención

Sujetos	1 semana	2 semana	3 semana	4 semana	5 semana	Total
1	3	3	3	3	3	15
2	3	3	3	3	3	15
3	3	3	3	3	3	15
4	3	0	1	3	3	10
5	3	3	2	3	3	14
6	2	3	3	1	3	12
7	3	1	3	3	3	13
8	3	3	1	2	3	12
9	3	3	3	3	3	15
10	3	3	3	3	3	15
11	3	1	3	3	1	11
12	3	3	2	3	3	14
13	3	3	3	0	3	12
14	3	3	3	3	3	15
15	3	3	3	3	3	15
16	3	0	3	3	3	12
17	3	3	2	3	3	14

10.5 Resultados fuerza isométrica abductores de cadera, pre-test

Tabla 22. Resultados fuerza isométrica de los abductores de cadera, pre-test

Sujetos	1 toma	2 toma	Media
1	235	225	230
2	284	290	287
3	360	381	370,5
4	178	177	177,5
5	268	267	267,5
6	214	210	212
7	284	290	287
8	214	206	210
9	260	274	267
10	186	187	186,5
11	290	300	295
12	290	280	285
13	267	267	267
14	310	297	303,5
15	220	211	215,5
16	278	275	276,5

Miembro inferior derecha

Sujetos	1 toma	2 toma	Media
1	311	295	303
2	260	263	261,5
3	265	260	262,5
4	270	280	275
5	270	266	268
6	225	220	222,5
7	190	180	185
8	178	168	173
9	294	301	297,5
10	240	250	245
11	282	265	273,5
12	350	350	350
13	233	247	240
14	305	313	309
15	208	220	214
16	278	273	275,5

Miembro inferior izquierda

10.6 Resultados fuerza isométrica extensores de cadera, pre-test

Tabla 23. Resultados fuerza isométrica de los extensores de cadera, pre-test

Sujetos	1 toma	2 toma	Media
1	278	282	280
2	237	229	233
3	350	360	355
4	278	282	280
5	240	227	233,5
6	185	184	184,5
7	121	135	128
8	146	150	148
9	295	302	298,5
10	250	255	252,5
11	240	250	245
12	202	193	197,5
13	234	253	243,5
14	309	319	314

Miembro inferior derecha

Sujetos	1 toma	2 toma	Media
1	236	245	240,5
2	258	253	255,5
3	327	312	319,5
4	284	274	279
5	221	220	220,5
6	183	170	176,5
7	148	144	146
8	146	149	147,5
9	230	228	229
10	257	260	258,5
11	217	226	221,5
12	187	190	188,5
13	172	174	173
14	250	256	253

Miembro inferior izquierda

10.7 Resultados fuerza isométrica abductores de cadera, post-test

Tabla 24. Resultados fuerza isométrica de los abductores de cadera, post-test

Sujetos	1 toma	2 toma	Media
1	370	367	368,5
2	340	342	341
3	461	443	452
4	327	333	330
5	355	344	349,5
6	360	356	358
7	286	299	292,5
8	296	297	296,5
9	430	420	425
10	370	360	365
11	330	342	336
12	380	399	389,5
13	367	370	368,5
14	385	375	380
15	398	396	397
16	316	315	315,5

Miembro inferior derecha

Sujetos	1 toma	2 toma	Media
1	436	431	433,5
2	390	380	385
3	288	289	288,5
4	374	380	377
5	300	273	286,5
6	307	317	312
7	311	310	310,5
8	275	272	273,5
9	390	395	392,5
10	323	333	328
11	363	341	352
12	382	392	387
13	375	388	381,5
14	396	400	398
15	350	345	347,5
16	420	408	414

Miembro inferior izquierda

10.8 Resultados fuerza isométrica extensores de cadera, post-test

Tabla 25. Resultados fuerza isométrica de los extensores de cadera, post-test

Sujetos	1 toma	2 toma	Media
1	252	246	249
2	332	324	328
3	390	385	387,5
4	385	395	390
5	227	237	232
6	200	207	203,5
7	195	198	196,5
8	270	270	270
9	285	278	281,5
10	313	315	314
11	242	250	246
12	326	338	332
13	350	350	350
14	338	322	330

Miembro inferior derecha

Sujetos	1 toma	2 toma	Media
1	265	264	264,5
2	408	386	397
3	340	340	340
4	336	345	340,5
5	383	395	389
6	271	262	266,5
7	227	217	222
8	270	262	266
9	316	330	323
10	351	356	353,5
11	290	295	292,5
12	259	265	262
13	321	300	310,5
14	250	246	248

Miembro inferior izquierda

10.9 Resultados del análisis cinemático de flexión de rodillas dominantes durante la realización de una tarea de tipo SLM, pre-test y post-test

Tabla 26. Resultados análisis cinemático de flexión de rodillas dominantes, pre-test y post-test

Sujetos	1 toma	2 toma	3 toma	Media
1	123	129	133	128,33
2	104	96	110	103,33
3	117	100	116	111
4	112	117	126	118,33
5	111	111	118	113,33
6	109	110	122	113,66
7	119	113	118	116,66
8	107	118	101	108,66
9	119	101	111	110,33
10	134	129	138	133,66
11	108	109	115	110,66
12	102	93	97	97,33
13	113	115	105	111

Pre-test

Sujetos	1 toma	2 toma	3 toma	Media
1	106	103	93	100,66
2	108	94	96	99,33
3	102	104	95	100,33
4	125	115	120	120
5	124	102	106	110,66
6	103	105	109	105,66
7	102	93	105	100
8	88	87	90	88,33
9	108	110	107	108,33
10	112	113	116	113,66
11	85	100	98	94,33
12	96	97	95	96
13	96	89	88	91

Post-test

10.10 Resultados del análisis cinemático del ángulo de proyección del plano frontal de las rodillas durante la realización de una tarea de tipo SLS, pre-test

Tabla 27. Resultados análisis cinemático del FPPA, pre-test

Sujetos	1 toma	2 toma	3 toma	Media
1	- 22	- 38	- 9	- 23
2	- 30	- 37	- 27	- 31,33
3	- 18	- 16	- 21	- 18,33
4	- 9	- 9	- 14	- 12,33
5	- 26	- 27	- 31	- 28
6	- 4	5	4	1,67
7	- 36	- 16	- 41	- 31
8	- 21	- 20	- 25	- 22
9	- 5	- 10	- 19	- 11,33
10	- 22	- 18	- 27	- 22,33
11	- 12	- 12	- 13	- 12,33
12	- 10	- 12	- 16	- 12,66
13	33	25	22	26,67

Miembro inferior derecha

Sujetos	1 toma	2 toma	3 toma	Media
1	- 8	- 12	- 14	- 11,33
2	- 8	- 37		- 22,5
3	- 9	- 8	- 15	- 10,67
4	- 11	- 4	- 4	- 6,33
5	- 8	9	- 3	- 0,66
6	35	29	29	31
7	- 16	- 12	- 12	-13,33
8	- 11	- 5	- 14	- 10
9	14	8	4	8,67
10	9	- 28		- 9,5
11	4	5	0	3
12	- 8	- 9	- 9	- 8,67
13	6	0	- 17	- 3,66

Miembro inferior izquierda

10.11 Resultados del análisis cinemático del ángulo de proyección del plano frontal de las rodillas durante la realización de una tarea de tipo SLS, post-test

Tabla 28. Resultados análisis cinemático del FPPA, post-test

Sujetos	1 toma	2 toma	3 toma	Media
1	- 25	- 26	- 38	- 29,67
2	- 38	- 15	- 25	- 26
3	- 30	- 21	- 22	- 24,33
4	8	0	8	5,33
5	- 18	- 15	- 10	- 14,33
6	- 7	- 7	- 14	- 9,33
7	- 35	- 29	- 33	- 32,33
8	- 25	- 20	- 31	- 25,33
9	24	2	- 3	7,67
10	- 10	- 7	0	- 5,67
11	- 19	- 22	- 34	- 25
12	- 7	- 21	- 3	- 10,33
13	29	31	26	28,67

Miembro inferior derecha

Sujetos	1 toma	2 toma	3 toma	Media
1	- 6	- 19	- 7	- 10,66
2	- 8	- 18	- 29	- 18,33
3	- 26	- 19	- 17	- 20,67
4	9	- 9	- 10	- 3,33
5	- 22	- 21	- 17	- 20
6	27	16	19	20,67
7	- 28	- 32	- 29	- 29,67
8	- 12	- 12	- 21	- 15
9	- 3	16	- 2	3,67
10	12	11	- 7	5,33
11	- 28	- 14	- 17	- 19,67
12	- 6	- 9	2	- 4,33
13	- 15	- 9	- 11	- 11,67

Miembro inferior izquierda

10.12 Consentimiento informado

CONSENTIMIENTO INFORMADO PROYECTO INVESTIGACIÓN DE FISIOTERAPIA

INTRODUCCION

En España, la regulación del derecho a la protección de la salud, recogido por el artículo 43 de la constitución, desde el punto de vista de los derechos relativos a la información clínica y la autonomía individual de los pacientes en lo relativo a su salud, ha sido objeto de una regulación básica en el ámbito del Estado, a través de la Ley 14/1986, del 25 de abril, General de Sanidad.

Esta norma destaca la voluntad de humanización de de los servicios sanitarios, manteniendo así el máximo respeto a la dignidad de la persona y a la libertad individual. Va declarar como derechos inalienables el respeto a la intimidad personal, a la libertad individual de los usuarios y a la no discriminación, garantizando la confidencialidad de la información.

Partiendo de dichas premisas, la Ley 41/2002, de 14 de noviembre, completa las previsiones que la Ley General de sanidad enunció como principios generales, y refuerza y da un trato especial al derecho de la autonomía del paciente.

La siguiente documentación ha sido elaborada conforme a las previsiones contenidas en la Ley General de Sanidad (14/1986 de 25 de Abril) y la Ley 41/2002 de 14 de Noviembre, reguladora ésta última de los derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica.

CONCEPTO GENERAL DE FISIOTERAPIA

Tratamiento de la persona para evaluar, impedir, corregir, aliviar y limitar o disminuir la incapacidad física, alteración del movimiento, funcionalidad y postura, así como el dolor que se deriven de los desórdenes, congénitos y de las condiciones del envejecimiento, lesión o enfermedad. La Fisioterapia tiene como fin más significativo restaurar las funciones físicas perdidas o deterioradas.

Utiliza como tratamiento los agentes y medios físicos como la electricidad, el movimiento, el masaje o manipulación de los tejidos y las articulaciones, el agua, la luz, el calor, el frío, etcétera y dependiendo del agente que se emplee se denomina:

- **Cinesiterapia** que se define como el conjunto de procedimientos terapéuticos cuyo fin es el tratamiento de las enfermedades mediante el movimiento: ya sean activos, pasivos o comunicados mediante algún medio externo.
- **Masaje/Masoterapia** se trata del conjunto de manipulaciones, practicadas normalmente sin ayuda de instrumentos, sobre una parte o totalidad del organismo, con el objeto de movilizar los tejidos para provocar en el organismo modificaciones de orden directas o reflejas que se traduzcan en efectos terapéuticos.

- **Terapias y procedimientos manuales**, entendidos como la localización y tratamiento de trastornos del sistema locomotor utilizando las manos para desbloquear articulaciones y sus fijaciones musculares y reflejas por medio de la aplicación de técnicas y modelos terapéuticos de las partes blandas. Incluye toda la cinesiterapia, masoterapia y sus derivados.
- **Ultrasonido**, Es una onda sonora a una frecuencia alta que no es ni siquiera audible.
- **Termoterapia-Crioterapia**: Es la aplicación de calor o frío respectivamente. El calor disminuye el tono muscular y aumenta el riego sanguíneo en la zona de aplicación y el frío disminuye la inflamación y enlentece la transmisión de los estímulos dolorosos. El frío, al igual que el calor, puede generar quemaduras.

RESUMEN DEL ESTUDIO

Se trata de un estudio que trata de averiguar los beneficios del Paleotraining® (un método de entrenamiento de tipo HIIT (High intensity interval training)) en cuanto a la prevención de lesiones, y más concretamente a la prevención de las lesiones de ligamento cruzado anterior (LCA).

Para ello, se propone un plan de entrenamientos adaptado al fútbol con una duración de 5 semanas. Antes y después del mismo, se van a llevar a cabo una serie de test: Pruebas dinamométricas, Single Leg Squat Test y Single Legged Medial Landing.

Estas pruebas se realizan para examinar la fuerza de los extensores y de los abductores de cadera, y para realizar un estudio de la cinemática de los miembros inferiores, antes y después del protocolo de entrenamientos. De esta manera podremos estudiar el efecto del mismo sobre algunos factores de riesgo de lesión de LCA, como son el valgo dinámico de rodillas y la falta de flexión de rodillas en el aterrizaje de un salto.

RIESGOS

En este estudio el mayor riesgo que se puede sufrir son las agujetas en los distintos grupos musculares después de la realización del ejercicio de alta intensidad.

Si se está llevando una dieta hipocalórica realizar ejercicios de alta intensidad puede provocar mareos e, incluso, la pérdida del conocimiento, puesto que existe una falta de glucógeno en el cuerpo.

Aquellas personas que tengan cualquier tipo de problema articular o muscular deberían abstenerse de realizarlo, puesto que el riesgo de agravar una lesión es grande.

El incremento de la presión sanguínea desaconseja el HIIT a personas con enfermedades cardíacas o cardiovasculares (especialmente en el caso de tener hipertensión arterial), ya que el riesgo de sufrir un problema mayor es muy alto.

CONTRAINDICACIONES GENERALES

A) Absolutas.

- Los tumores malignos,
- Cardiopatías descompensadas, endocarditis activas, hemopatías, tuberculosis (para la cinesiterapia activa).
- Bronquitis crónica descompensada.
- Trombosis o hemorragias activas.
- Marcapasos y/o dispositivos intracardiacos (Electroterapia)
- Dieta hipocalórica.
- Enfermedades cardíacas o cardiovasculares (especialmente la Hipertensión arterial).
- Problemas o lesiones articulares o musculares (ante cualquier duda lo más aconsejable acudir a un profesional de la salud para que sea él quien informe de los riesgos y de la posibilidad o no de realizar HIIT).
- Estados febriles y de debilidad extrema (enfermedades agudas).
- Epilépticos sin control y síndromes coréicos.
- Derrame sinovial, hemartros y heridas recientes de partes blandas

Hay que tener en cuenta que todos los sujetos que han sido seleccionados para el estudio, forman parte de un equipo federado en la federación Navarra de fútbol.

Este participa en la liga autonómica Navarra, y todos los jugadores llevan un control por parte de la federación, de tal forma que cada dos años tienen que ser capaces de superar un reconocimiento médico oficial. Teniendo en cuenta que todos los sujetos tienen en regla esta último, no se espera que padezcan ninguno de los trastornos detectables en el reconocimiento (como las patologías cardíacas) descritos en el apartado anterior.

RESULTADOS DEL ENTRENAMIENTO

Hay efectos beneficiosos asociados a los HIIT, ya que hay publicaciones científicas recientes que han reportado que genera adaptaciones que mejoran la resistencia aeróbica, la calidad muscular y la salud. Además, ha demostrado ser uno de los entrenamientos más eficaces y con efecto más directo en la salud. Sin embargo, no hay certeza de los beneficios del Paleotraining® en cuanto a la prevención de lesiones, por lo que no existe ninguna garantía sobre el resultado certero de este método en cuanto al objetivo del estudio.

Tiene derecho tanto a prestar consentimiento para su tratamiento previa información, así como a consentir sin recibir información y, en cualquier caso, a retirar su consentimiento en cualquier momento previo a la realización de la técnica o durante ella.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

PACIENTE

D/Dña _____ con DNI _____

He leído la información que ha sido explicada en cuanto al consentimiento. He tenido la oportunidad de hacer preguntas sobre el objetivo del estudio y el tratamiento que se va a llevar a cabo. Firmando abajo consiento que se me aplique el plan de entrenamiento del que se me ha explicado de forma suficiente y comprensible.

Entiendo que tengo el derecho de rehusar parte o todo el plan de entrenamientos en cualquier momento. Entiendo mi plan de entrenamiento y consiento en ser tratado por Martín Sáez Erice con DNI 73111103Z, estudiante de fisioterapia de 4º curso en el año 2016 de la UPNA bajo la supervisión de su tutor responsable para el Trabajo Fin de Grado.

Declaro saber que voy a formar parte de un estudio experimental acerca de la prevención de la lesión de ligamento cruzado anterior, para el cuál tendré que dar una serie de datos personales, que permanecerán en anonimato.

Declaro no encontrarme en ninguna de los casos de las contraindicaciones especificadas en este documento.

Declaro haber facilitado de manera leal y verdadera los datos sobre estado físico y salud de mi persona que pudiera afectar a mi estado de salud durante los entrenamientos que voy a realizar. Asimismo decido, dar mi conformidad, libre, voluntaria y consciente a participar en el plan de entrenamientos del que se me ha informado.

_____, ____ de _____ de _____

D/Dña. _____ con DNI _____

Profesor de Fisioterapia de la UPNA.

D/Dña. _____ con DNI _____

Estudiante de 4ºCurso de Fisioterapia de la UPNA.

Declaro haber facilitado al paciente y/o persona autorizada, toda la información necesaria para la realización del plan de entrenamientos en el presente documento y declaro haber confirmado, inmediatamente antes de la realización de los mismos, que ninguno de los sujetos tiene alguna contraindicación de las comentadas anteriormente, así como haber tomado todas las precauciones necesarias para que la aplicación de los entrenamientos sea la correcta.

Martín Sáez Erice

_____, ____ de _____ de _____

Firma: